N° 13 15 OCTOBRE 1938

Revue générale des Sciences pures et appliquées

Fondateur : L. OLIVIER (1890-1910).
Directeurs : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937).

Directeur :
R. ANTHONY, Professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Pouvoir trophophylactique de certaines huiles comestibles vis-à-vis des substances toxiques.

Les auteurs apportent (*Académie des Sciences*, 21 février 1938) de nouvelles preuves expérimentales pour démontrer l'existence dans les aliments de substances que Lassablière a découvertes et appelées *trophophylactines*; ces substances protègent l'organisme contre les intoxications.

Leurs expériences démontrent l'action trophophylactique de certaines huiles comestibles (huile d'olives, d'arachides, de palme, de sésame), vis-à-vis de différentes substances toxiques (extrait d'*Amanita muscaria*, venin de Cobra, sulfate de spartéine, cyanure de Hg.).

Des animaux ayant reçu une dose mortelle de ces toxiques, quand ils sont traités exclusivement par ces huiles, non seulement, ont survécu bien plus longtemps que les témoins, mais dans 38 % des cas ont échappé à la mort par intoxication.

Cette action trophophylactique, comme Lassablière l'avait démontré antérieurement avec d'autres aliments (jus de viande, acides aminés, viande crue, extraits d'organes, solution de glucose, eau de riz, vins, jus de fruits, solutions de sels minéraux, etc.), n'est pas détruite par le chauffage. Il se confirme que les trophophylactines ne sauraient être confondues avec les vitamines. D'ailleurs, on sait que les huiles ne contiennent pas ou contiennent fort peu de vitamines.

La *trophophylaxie* constitue donc une propriété des aliments et cette série d'expériences qui utilisent les huiles comestibles apportent une nouvelle contribution pour affirmer sa réalité.

P. Lassablière, M. Uzan et A. Monnet.

La dissymétrie moléculaire en biochimie et le structuralisme dans les sciences.

Dans une précédente chronique[1], nous nous efforçions de mettre en lumière l'importance des considérations de symétrie dans l'élaboration de nos connaissances physico-chimiques. Nous rappelions le rôle capital joué en chimie par les découvertes de Pasteur sur la dissymétrie moléculaire, et nous insistions sur l'intérêt qu'il y aurait à prendre en considération d'une manière plus systématique, en physique, le principe de symétrie énoncé par P. Curie.

A peine venait-il de jeter les fondements de l'édifice qui devait prendre quelques années plus tard le nom de stéréochimie, que Pasteur lui-même trouvait l'application de ces nouvelles considérations sur la structure moléculaire à l'interprétation de phénomènes d'ordre biochimique; et, de son étude célèbre de la fermentation de l'acide tartrique racémique, il n'hésitait pas à induire une relation causale extrêmement générale entre la dissymétrie moléculaire des produits organiques naturels et le dynamisme biologique. C'est ce que M. Schoen, professeur à l'Institut Pasteur, vient de rappeler fort opportunément dans les premières pages d'une publication récente (2) où il a exposé les résultats que la stéréochimie

1. *Revue Générale des Sciences*, t. XLVII (1936), p. 193.
2. Problèmes d'Asymétrie dans les Processus biochimiques. — Actualités Scientifiques et Industrielles, Paris, Hermann, 1936.

compte à ce jour à son actif dans le domaine de la chimie biologique.

Quels sont donc les processus biochimiques dont le mécanisme a pu trouver jusqu'à présent une interprétation dans des considérations de dissymétrie moléculaire?

Ce sont d'abord, expose M. Schoen, les processus de dégradation tels que ces fermentations électives découvertes par Dubrunfaut et dont Pasteur donna la première explication stéréochimique. Les très nombreuses recherches ultérieures n'ont fait que confirmer la validité de cette interprétation qu'E. Duclaux pouvait résumer en définissant les microbes « comme de singuliers convives pour lesquels la disposition des plats sur la table a plus d'importance que leur nature chimique ».

Nous n'insisterons pas sur ces faits, depuis longtemps classiques. Toutefois, il est nécessaire de rappeler l'étape essentielle franchie par la stéréochimie avec E. Fischer, lorsque ce dernier proposa de prendre en considération non plus le sens de la déviation polarimétrique, mais la configuration stérique de la molécule. Par ordre de filiation structurale, les différents composés organiques actifs sur la lumière polarisée peuvent être groupés en deux séries, *d* et *l*, chaque élément de l'une des séries étant le stéréo-isomère et, par conséquent, l'inverse optique de l'élément correspondant de l'autre. Mais dans une même série, les différents éléments ne dévient pas dans le même sens le plan de polarisation de la lumière; le d-glucose, le d-mannose, l'acide d-tartrique ont un pouvoir rotatoire droit, tandis que le d-fructose, l'acide d-lactique, l'acide d-phénylglycolique ont un pouvoir rotatoire gauche. Ainsi purent être interprétés certains phénomènes de fermentation pour lesquels l'hypothèse de la similitude de structure entre les éléments actifs du microorganisme et les composés qu'il attaque, postulée dès le début par Pasteur, semblait être en défaut : le *penicillium glaucum*, par exemple, attaque l'acide tartrique droit et l'acide phénylglycolique gauche; mais ces deux composés, bien que de pouvoir rotatoire de sens opposé, appartiennent à la même série d.

La même interprétation stéréochimique est proposée pour expliquer l'électivité des nerfs gustatifs et olfactifs, qui se manifeste par des sensations différentes selon que l'excitation est produite par l'un ou l'autre des stéréo-isomères, ainsi que l'action pharmacodynamique élective que l'on observe dans le cas de certains médicaments optiquement actifs.

L'activité stéréochimique se manifeste également dans le cas des actions diastasiques; M. Schoen en expose de nombreux exemples. Il s'agit d'ailleurs ici aussi bien de processus de dégradation (hydrolyse asymétrique de certains esters d'acides racémiques par les lipases, par exemple), que de processus de synthèse (dont un des plus simples est la dismutation de certains dérivés glyoxaliques, par oxydo-réduction intramoléculaire sous l'action d'aldéhydomutase). Toutefois, la spécificité des actions diastasiques apparaît souvent comme moins tranchée que celle des levures, et parfois capricieuse au point de disparaître ou d'être inversée sous l'influence de faibles modifications des conditions expérimentales. C'est que, peut-être, la diastase, issue d'un milieu biologique qui lui a imprimé ses caractères structuraux, devient, lorsqu'elle est isolée de ce milieu, beaucoup plus sensible aux réactions du milieu extérieur, et susceptible d'isomérisations qui en modifient la structure. Ainsi l'acide lactique obtenu par dismutation du méthylglyoxal est-il lévogyre lorsque l'on fait agir la levure fraîche, et inactif si l'on emploie la cétoaldéhydomutase sous forme d'extrait de levure.

Un type très particulier des synthèses biochimiques asymétriques évoquées par M. Schoen est celui des microorganismes appelés Leuconostocs qui, se développant sur milieux sucrés, produisent par condensation des gommes de polyholosides (fermentation visqueuse). La discrimination par ces microbes de la structure des oses qu'ils utilisent pour la fabrication de leurs gommes est d'une finesse telle qu'il a fallu disposer, pour en donner une interprétation satisfaisante, de la schématisation la plus récente des molécules glucidiques selon des formules à cycles pyraniques et furaniques. Tel de ces microbes construit les polyholosides de ses gommes avec le fructose qu'il extrait lui-même par hydrolyse du saccharose, sous sa forme furanique, alors que le fructose déjà préparé, qui n'existe à l'état libre que sous la forme pyranique, est pour lui un matériau inutilisable.

Cette formation de gommes polyholosidiques est d'une grande importance, car c'est de tels composés que sont constituées les capsules de certains microbes pathogènes, tels que les pneumocoques. Chaque variété d'une telle espèce microbienne est caractérisée par la constitution particulière des polyholosides de sa capsule, soit, en dernière analyse, par la configuration stéréo-isomérique de ces holosides qui ne diffèrent que par là les uns des autres. Bien plus ces polyholosides, isolés et purifiés, sans être à proprement parler antigènes, puisqu'ils ne provoquent pas la formation d'anticorps, présentent la propriété de se combiner aux anticorps correspondants (haptènes). Ainsi a-t-on été conduit à introduire les considérations de dissymétrie moléculaire dans le domaine de l'immunologie, l'un des plus complexes de la chimie biologique. Nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer le lecteur à l'exposé de M. Schoen pour prendre connaissance des résultats les plus récents des recherches sur cette question.

Devant le développement ininterrompu de la stéréochimie et les résultats déjà si encourageants enregistrés dans l'application de cette science à la biochimie; après les premiers succès de synthèses asymétriques totales (3) qui ont mis en évidence une relation essentielle entre la représentation structurale d'un phénomène physique et la structure d'unités matérielles; au moment même où la psychologie, quit-

3. Réalisées en particulier par W. Kuhn. Voir à ce sujet notre précédente chronique et : J.-P. Mathieu. — La synthèse asymétrique, Paris, Hermann, 1935.

tant les voies de l'associationnisme classique, commence à évoquer la structure des phénomènes de conscience (4); il pourrait sembler assez inattendu de poser la question : serons-nous conduits à abandonner l'usage de ce schématisme structural?

Parmi les critiques qui s'élèvent à l'encontre de ce mode de représentation, il en est qui s'adressent plus particulièrement à la stéréochimie, et dont M. Schoen se fait l'interprète dans les conclusions de son ouvrage. La rigidité des schèmes structuraux, leur caractère statique, n'est-ce pas en contradiction avec les données les plus récentes de l' « introspection moléculaire »? Il n'est pas surprenant que certains biologistes s'abandonnent à l'espoir, exprimé voici peu de temps par J. Duclaux (5), de trouver entre le comportement des corpuscules élémentaires et les phénomènes vitaux des relations directes qui les affranchiraient de la rigidité des cadres structuraux où, malgré d'évidents succès, ils redoutent de ne pouvoir intégrer les phénomènes si complexes de l'organisme vivant. Nous n'avons rien à objecter à cette suggestion d'un électron immatériel, constituant ultime de la matière, qui serait à la fois graine de vie et même monade d'esprit; à la condition toutefois de reconnaître que c'est là une vue essentiellement métaphysique. Mais lorsque l'on recherche scientifiquement comment de telles virtualités se réalisent, on ne peut oublier que la vie apparaît seulement lorsque la matière atteint un degré très élevé de complexité, et l'esprit, un degré de complexité encore supérieur. A chaque degré de cette complexité croissante, que nous évoquions avec G. Malfitano dans une publication antérieure (6), et qui procède des corpuscules élémentaires à l'atome, de l'atome à la molécule, de la molécule à la micelle chimique, de celle-ci à la micelle biologique, etc., l'unité caractéristique ne soutient de rapports directs qu'avec les unités du degré immédiatement inférieur qui en sont les composants. Et c'est précisément l'ordre des relations entre ces composants que nous exprimons dans le schème structural représentatif des propriétés de l'unité considérée. Nul doute qu'une connaissance plus approfondie des éléments ultimes, aux premiers degrés de la complexité, nous conduise à préciser, voire à rectifier, degré par degré, nos schèmes structuraux; mais nous ne pensons pas qu'elle puisse nous les faire abolir en faveur d'une représentation directe qui ne tiendrait plus compte de la complexité croissante des structures.

D'un autre ordre sont les objections qui ont été formulées dans les colonnes mêmes de cette Revue par M. C. Schuyten, en réponse à notre précédente chronique (7). Celles-là tentent de mettre en cause la validité même du structuralisme comme mode de représentation scientifique. Nous avions précisé précédemment que les relations de structures que soutiennent entre elles les réalités les plus différentes pouvaient être ramenées à des relations entre groupes de symétrie systématisés, et que toutes ces considérations de symétrie comportaient une « généralisation formelle en une notion, préalable à toutes ses attributions particulières ». A cela M. Schuyten nous oppose les très nombreux résultats d'une expérimentation métrique des plus scrupuleuse; l'auteur a mesuré des feuilles et des fleurs, des diatomées, et des squelettes d'animaux et d'hommes; « nous commencions toujours, écrit-il, les mesures au 1/2 mm. exact; des symétries à cette exactitude disparaissaient chaque fois en poussant au 1/10 ou au 1/100 mm ». Et il en est de même pour les mesures effectuées sur les cristaux les mieux constitués, et sur leurs photogrammes Rœntgen. Il convient de dissiper ici un malentendu évident. L'application de la notion de symétrie aux objets de notre connaissance n'a jamais postulé l'identité absolue entre ces objets. L'œuvre scientifique est un effort constant vers la réduction de l'infinie diversité du donné immédiat, moyennant une procédure *formelle* d'identification à l'ordre mathématique. Et, suivant le point de vue qu'il convient d'adopter pour la « mise en perspective de l'expérience », ce peut être par identification à l'ordre purement numéral (numéros atomiques de la classification périodique, séries spectrales); à l'ordre algébrique, s'il s'agit de donner une expression unitaire de toutes les variations possibles d'un système; à l'ordre géométrique, enfin, lorsque l'on a en vue une représentation d'un ensemble de propriétés qui demeurent constantes par delà les variations morphologiques ou les fluctuations des composants. C'est dire assez clairement que les lois structurales, comme toutes les lois mathématiques, sont « des lois statistiques, approximatives » (E. Borel). Mais ne suffit-il pas de reconnaître que c'est moyennant de telles lois que l'on progresse dans la connaissance toujours plus approximative de la réalité, pour éviter la honte de proclamer si haut la faillite de la science?

A. Honnelaitre.

4. Nous faisons allusion à la théorie de la Forme. Consulter à ce sujet : P. Guillaume. — La psychologie de la Forme, Paris, Flammarion, 1937.

5. Séance inaugurale du Cours au Collège de France ; publiée sous le titre : Analyse physico-chimique des Fonctions vitales, Paris, Hermann, 1934.

6. La Notion de Complexité comme Principe de Méthodologie Scientifique, *Scientia*, Vol. LVI. (1934), p. 121.

7. *Revue Générale des Sciences*, t. XLVII (1936), p. 573.

REVUE DE GÉOLOGIE

LES DÉCOUVERTES GÉOLOGIQUES RÉCEMMENT FAITES EN FRANCE

Lorsqu'il est question de la géologie de la France, deux tendances contraires se font sentir. D'aucuns disent que tout est connu depuis longtemps, d'autres assurent que tout est à reprendre et que l'on ne connaît même pas le Bassin de Paris.

En regardant les choses de près, on est obligé d'admettre que les seconds ne sont pas loin de la vérité. Cela peut paraître étonnant au premier abord, sachant que le Service de la Carte Géologique de la France possède un assez grand nombre de collaborateurs. Toutefois, cet « assez grand nombre » se réduit à fort peu, environ *un* par département. Encore est-il que l'exiguïté des crédits ne permet pas plus de quinze jours de travail par an, sur le terrain! Des feuilles anciennes sont alors en revision pendant de longues années faute de crédits. C'est ainsi qu'il faut moins s'étonner de voir le territoire français susceptible de surprises et de découvertes géologiques importantes.

Aussi bien, nous avons pensé pouvoir consacrer cette « Revue de Géologie » aux découvertes faites sur le sol français depuis quelques années. Il n'est point question de passer en revue toutes les découvertes, mais d'en rappeler un certain nombre parmi les plus importantes. On verra que le Bassin de Paris y tient une très grande place.

Primaire.

Le Cambrien et le Silurien de la Montagne Noire.

C'est en 1888 que J. Bergeron découvrit quelques fossiles (la faune primordiale) dans les schistes acadiens de Ferrals-les-Montagnes, sur le versant méridional de la Montagne Noire. Malgré les précisions apportées dans la suite, il fallut s'en tenir à une stratigraphie basée sur des analogies lithologiques, et cela, faute de fossiles.

En 1929, M. M. Thoral découvre des fossiles acadiens sur le versant nord de la Montagne Noire, dans les Monts de Lacaune [**1**]. En 1930 et au cours des années suivantes, M. A. Michel-Lévy découvre des calcaires à *Archaeocyathus* et démontre l'existence d'un Précambrien véritable situé au-dessous du Cambrien fossilifère [**2**].

Deux mémoires de M. M. Thoral [**3, 4**] ont renouvelé la connaissance du Cambrien et du Silurien de cette région.

Dans les Monts de Lacaune, le Géorgien débute par des poudingues, des arkoses, des tufs volcaniques. Au-dessus, viennent les grès de Marcory, qui se sont déposés dans une mer très peu profonde; ils ne sont un peu fossilifères que vers le sommet, où ils contiennent *Olenopsis Thorali*. Le Géorgien supérieur est tout différent, constitué par des calcaires dolomitiques à Archaeocyathidés.

L'Acadien, souvent schisteux, est très riche en Trilobites. 3 zones y ont été reconnues, de la base au sommet, contenant : *Paradoxides Rouvillei, Paradoxides mediterraneus* et *Paradoxides Forchammeri*. L'Acadien supérieur marque déjà un retour à la sédimentation gréseuse qui va durer pendant tout le Potsdamien et l'Ordovicien inférieur.

Le Potsdamien est caractérisé par une faune de Cystidés. L'Ordovicien inférieur comporte quatre horizons dont les trois premiers appartiennent au Tremadoc, le quatrième à l'Arenig inférieur.

Les Graptolithes, jusqu'alors inconnus dans le Languedoc, apparaissent dans ce niveau de l'Arenig, représentés par des *Dichograptidae* et *Dendrograptidae*.

Le Cambrien de la Vendée.

Le Paléozoïque inférieur de la Vendée était mal connu. M .G. Mathieu [**5**] utilisant des analogies lithologiques et pétrographiques, a réussi à établir une échelle stratigraphique permettant de comparer les formations de la Vendée à celles du Massif armoricain.

Dans les deux régions, on retrouve la Briovérien à phtanites. Le Cambrien de Vendée débuterait par la série calcaire des Sables d'Olonne qui serait l'équivalent du calcaire de Saint-Thurial; au-dessus, le poudingue de Sigournais correspond au « Poudingue pourpré », les « schistes de Bour-

gneuf » aux « Schistes pourprés »», les épanchements éruptifs au porphyre de Reminiac. Enfin, les « grès de la Châtaigneraie » seraient ordoviciens comme le « Grès armoricain ».

Il y a là une hypothèse séduisante et il est même probable que c'est mieux qu'une hypothèse.

Le Gothlandien du Massif des Maures.

La série métamorphique du Massif des Maures, composée de paragneiss, de micaschistes, de phyllades et de quartzites, témoignait de l'existence d'une épaisse série sédimentaire, d'âge indéterminé.

En 1938 [**6**], M. H. Schoeller y a découvert des Graptolithes, dans les schistes situés derrière la chapelle du Mont Fenouillet, à Hyères (Var). Ce sont des *Climacograptus*, *Mesograptus*, *Petalograptus* et *Cephalograptus*, permettant d'attribuer à ces schistes un âge gothlandien. Il est inutile d'insister sur l'importance de cette découverte et sur ses conséquences.

Secondaire.

Le Jurassique supérieur des Chaînes provençales.

Le Jurassique moyen et supérieur des chaînes provençales a bénéficié d'un mémoire de M. A. Lanquine, faisant suite à une publication antérieure sur le Lias et le Jurassique inférieur [**7**].

Les dolomies et les calcaires portlandiens avaient fait l'objet de discussions très longues quant à leur âge, étant donné la rareté des fossiles.

Les dolomies qui constituent la base du Portlandien sont grises et saccharoïdes, d'aspect ruiniforme. Elles contiennent de rares fossiles (*Rhynchonella Astieriana*, *Terebratella pectunculoïdes*, *Heterodiceras Luci*). Les calcaires blancs supérieurs sont sublithographiques et ont un cachet coralligène.

L'extension de ce Portlandien montre une transgressivité accentuée, recouvrant tantôt le Kimeridgien, tantôt le Bathonien.

Découverte du Crétacé inférieur sous la région parisienne.

Les forages exécutés depuis cent ans dans la région parisienne ont donné quantité de renseignements sur le Crétacé supérieur et moyen, mais n'ont pas dépassé la nappe aquifère des sables verts.

Trois sondages récents publiés par MM. P. Lemoine, H. Humery et R. Soyer [**9, 10**] ont dépassé ce niveau, atteint le Crétacé inférieur et démontré l'exactitude de ce qu'avait établi M. P. Lemoine pour le Tertiaire et le Crétacé supérieur : l'existence d'une fosse de subsidence avec augmentation de l'épaisseur des dépôts [**11**].

Le puits d'Orsay, poussé jusqu'à 656 mètres, a traversé le Nummulitique sur 112 mètres, le Sénonien et le Turonien sur 349 mètres, le Cénomanien et l'Albien sur 162 mètres, puis 33 mètres de dépôts aptiens.

A Poissy, un puits de 581 mètres a traversé 18 mètres de Nummulitique, 348 mètres de Sénonien-Turonien, 162 mètres de Cénomanien-Albien. L'Aptien a une vingtaine de mètres, puis le Néocomien supérieur, argileux atteint 30 mètres, sensiblement plus puissant que dans le Pays de Bray.

Le troisième forage, exécuté en 1934 à Ivry-sur-Seine, atteint 745 mètres : 50 mètres de Nummulitique, 416 mètres de Sénonien et de Turonien, 178 mètres de Cénomanien et d'Albien. Au delà de 644 mètres, le forage traverse l'Aptien fossilifère à *Parahoplites Deshayesi* (de 644 à 685 m.), le Barrêmien argileux (de 685 à 704 m.), l'Hauterivien (de 704 à 730 m.), enfin le Wealdien à *Weichselia reticulata* (de 730 à 745 mètres).

Il y a là un fait stratigraphique nouveau important, indiquant l'extension du faciès continental Wealdien du Pays de Bray jusque sous Paris, le faciès marin n'étant connu que beaucoup plus à l'Est.

Le grand intérêt des résultats scientifiques et économiques acquis lors des grands sondages avait permis un instant d'espérer l'aide financière des pouvoirs publics, autorisant l'exécution d'un sondage très profond dans la région parisienne. On ne se proposait pas encore d'atteindre le tréfonds, mais d'arriver à 1.500 mètres, 2.000 si possible. C'est un espoir auquel il faut renoncer.

L'étude des microfossiles du Crétacé supérieur.

Les premières données sur les microfossiles des silex de la Craie remontent à un siècle : elles sont dues à Ehrenberg (1836); celles sur les Foraminifères de la Craie sont dues à d'Orbigny. Maintenues en honneur en France par M. L. Cayeux, ces études reprennent activement.

M. G. Deflandre [**12**] a repris l'étude microscopique des silex de la Craie dans lesquels les micro-organismes sont conservés à l'état de matière organique, susceptible d'être colorée. Les micro-organismes planctoniques des silex appartiennent surtout aux Dinoflagellés (ou Péridiniens) et aux Hystrichosphères; on y trouve aussi des spores et des grains de pollen. Il y a là un nouveau domaine de recherches, susceptible d'apporter de précieux renseignements au point de vue paléobiologique et peut-être au point de vue stratigraphique, si l'on arrive à faire l'inventaire de ces microorganismes et à les classer.

L'étude des Foraminifères a donné des résultats stratigraphiques immédiats. M. P. Marie [**13**] ayant étudié quatre échantillons de la Craie supérieure du Bassin de Paris, y a déterminé 126 espèces déjà connues en Europe et en Amérique, parmi lesquelles 87 sont nouvelles pour le Bassin de Paris. Toutes les espèces sont différentes de celles de la Craie de Sens et sont bien maëstrichtiennes.

La craie à *Belemnitella mucronata* du Bassin de Paris, renferme des faunes de Foraminifères semblables à celles du Maëstrichtien type d'Aix-la-Chapelle. M. P. Marie y a reconnu également deux horizons caractérisés chacun par une faune spéciale. Au premier, d'âge Maëstrichtien inférieur, correspondent les formations de Meudon et de Montereau; au second, plus élevé dans la série, correspondent les formations de la Fontaine-aux-Bois (Aube) caractérisées par l'apparition d'abondantes *Bolivina tegulata*.

Tertiaire.

L'activité des Travaux publics dans le Bassin de Paris (forages, captages, tranchées, etc.) a permis de nombreuses observations. 3.000 sondages ont été étudiés par M. P. Lemoine [**8**] dans une publication en cours sur l'Ile-de-France.

Le Montien.

Le petit nombre de gisements et certaines imprécisions dans la stratigraphie du Calcaire pisolitique ont fait penser un moment que le Montien du Bassin de Paris n'était peut-être qu'un faciès latéral de la Craie supérieure. La discussion ouverte, la question a été traitée à nouveau complètement et paraît résolue.

M. R. Abrard fit deux remarques préliminaires : la craie à Bélemnitelles est une formation de mer relativement profonde à faune boréale; le calcaire pisolithique est un dépôt néritique de mer chaude. « La présence en tant que faciès latéral, d'un récif équatorial à faune tertiaire au milieu de la zone boréale d'une période froide crétacée est une hypothèse qui se détruit d'elle-même ».

Pour M. P. Lemoine [**14**], le calcaire pisolithique de Vigny, situé au pied d'une falaise de craie, est constitué par des débris d'algues calcaires, un maërl fossile, en arrière duquel se trouve un récif phytogène. Un peu plus loin, se trouve un récif zoogène à Polypiers.

Mme P. Lemoine a reconnu cinq espèces d'Algues calcaires, qui ne sont ni crétacées, ni tertiaires, mais spéciales au Montien [**15**].

Les Foraminifères étudiés par M. P. Marie [**16**] sont d'origine tropicale, n'ont aucun rapport avec ceux du Maestrichtien; ils montrent des affinités avec ceux du Tertiaire et plus particulièrement du Lutétien.

Une nouvelle preuve a été apportée par MM. R. Laffitte et H. Agalède [**17**] étudiant le calcaire pisolithique du Mont-Aimé (Marne). Au-dessus de la Craie, visible, viennent : une argile jaune, des calcaires gréseux à Operculines très particulières, des alternances de grès et de marnes, un calcaire grossier à *Cardium* et Cérithes. Les Foraminifères sont incontestablement montiens et d'autre part, on ne connaît pas d'Operculines dans le Crétacé.

Il y a donc du Montien qui n'est pas nécessairement « pisolithique ». C'est une notion sur laquelle a insisté M. R. Soyer [**18**] en signalant douze nouveaux gisements de Montien. A Suresnes, à Ivry, à Charenton, à Vincennes, le Montien est représenté par des marnes et des calcaires parfois cristallins, situés entre le Sparnacien et la Craie. Enfin, la découverte du calcaire pisolithique zoogène dans le forage de l'Isle Adam est un jalon important entre les gisements parisiens et le lambeau de Laversines.

Une question est au moins résolue. Le « Calcaire pisolithique » du Bassin de Paris est bien tertiaire. C'est du Montien, pouvant se présenter sous des faciès différents, caractérisé par une faune de Foraminifères tropicaux.

L'Eocène supérieur du Bassin de Paris.

En 1857, Mayer-Aymar crée le terme de Bartonien. On pense ordinairement qu'il avait choisi Barton comme localité-type. MM. L. et J. Morellet, au cours de leurs travaux sur le Bartonien, eurent l'idée de relire le texte original, ce qui leur procura la surprise de constater que Mayer-Aymar a créé l'étage bartonien pour les sables de Beauchamp et leurs équivalents, pour les couches à *Pholadomya ludensis*, bref pour tout ce qui se trouve entre le Lutétien et l'Oligocène, dans le Bassin de Paris. Les couches du Hampshire ne sont citées que dans un tableau de synchronisme [**19**].

La question fut compliquée par les auteurs qui divisèrent l'Eocène supérieur en trois étages : un *Auversien* à la base, ayant pour type les sables de Beauchamp et d'Auvers, avec *Nummulites variolarius*; un *Bartonien*, comprenant les calcaires de Saint-Ouen et les « sables supérieurs » de Cresnes, Marines, Le Ruel, etc., contenant *Voluta athleta* et considérés sans preuve comme l'équivalent des couches à *Nummulites wemmelensis* de Barton. Enfin, au sommet, intervint un étage *Lu-*

dien comprenant les marnes à *Pholadomya ludensis* et le gypse.

De 1925 à 1935, M. R. Abrard a démontré que ces accolades ne faisaient que superposer des erreurs. Ce fut d'abord la découverte de *Nummulites variolarius* dans les sables de Cresnes et Marines, puis celle de *Voluta athleta* dans les sables inférieurs. La faune de l'Auversien et du Bartonien était une, elle était caractérisée par *Nummulites variolarius* et *Voluta athleta* [**21**]. Dans le même instant, le Ludien descend d'un étage et prend la place de l'ex-Bartonien.

L'Eocène supérieur, portant le nom de Bartonien (*sensu lato*) se trouve maintenant réduit à deux zones :

Une zone inférieure à *Nummulites variolarius*, correspondant au Lédien de Belgique (ex-Auversien + ex-Bartonien);

Une zone supérieure à *Nummulites wemmelensis*, correspondant au Wemmélien de Belgique, aux couches marines de Barton, représentée dans la région parisienne par le Ludien avec ses marnes à Pholadomyes, ses dépôts de gypse, ses calcaires lacustres.

L'origine du gypse du Bassin de Paris.

On a longtemps considéré des dépôts de gypse de la région parisienne comme provenant simplement de l'évaporation d'une grande lagune, jouant le rôle de marais salant. Il peut paraître au moins singulier qu'il ne s'y soit pas déposé de sel, ni d'anhydrite et que le gypse soit limité au Sud par une guirlande de calcaire lacustre. M. Ch. Finaton [**22**] a confronté des documents et en a tiré d'intéressantes suggestions concernant l'origine *lacustre* du gypse parisien.

Un argument particulièrement fort est celui-ci : une solution contenant à la fois du chlorure de sodium et du sulfate de chaux, de l'eau de mer par exemple, doit perdre les 3/4 de son volume pour commencer à déposer du gypse, les 9/10 pour déposer du sel. Au contraire, de l'eau douce contenant autant de sulfate de chaux que l'eau de mer le laissera déposer dès que son volume sera réduit de 1/8 seulement. Le sulfate de chaux proviendrait très simplement du lessivage des affleurements de gypse triasique de la bordure orientale du Bassin de Paris.

Eaux douces du Sud et eaux séléniteuses de l'Est se dirigeaient vers le centre du bassin, grande zone lacustre. Au Sud, se déposait le calcaire de Champigny, au Nord le gypse. Le tout se passe sous un régime désertique qui semble avoir été fréquent dans le Bassin de Paris et que nous allons retrouver plus tard, vers la fin de l'Oligocène.

L'Oligocène du Bassin de Paris.

Pour expliquer la présence d'ondulations à la surface structurale du Stampien supérieur, deux solutions ont été proposées. Pour les uns (Hébert, Munier-Chalmas, Haug), il s'agissait d'un plissement postérieur, pour les autres (Dollfus et M. Denizot) les ondulations provenaient de l'établissement d'un régime dunaire.

Mlle H. Alimen a repris la question dans un Mémoire consacré au Stampien [**23**]. Les ondulations de la surface du Stampien n'ayant pas de rapport avec celles des couches sus- et sous-jacentes, la théorie du plissement ne résiste pas et laisse le champ libre à la théorie dunaire. Les sables supérieurs, examinés au microscope, sont d'ailleurs des sables éoliens caractéristiques.

A la fin de l'Oligocène, le Bassin de Paris ressemblait assez bien au Bassin du Tchad actuel. De grandes dunes s'étalaient au Nord du lac de Beauce. Les périodes humides et les crues amenaient de l'eau dans les chenaux interdunaires. Ces eaux d'inondation ont laissé des dépôts marneux, calcaires et ligniteux, dont la faune comporte des genres qui vivent actuellement au Tchad, dans les « bahrs ».

La meulière de Beauce a dû se déposer dans les chenaux interdunaires, à partir d'eaux riches en Diatomées, tandis que le calcaire de Beauce se déposait lentement dans le grand lac méridional.

Le Néogène des régions provençales et alpines.

Après les dépôts continentaux de l'Oligocène, un retour offensif de la mer se fait sentir dans la partie Nord du Bassin de Digne et dans la région de Vence.

Dans le bassin de Digne, on connaît les horizons classiques : un Burdigalien à l'état de molasse sableuse avec de rares niveaux calcaires, un Helvétien à l'état de molasse stérile, un Tortonien fossilifère.

La région de Vence était beaucoup moins connue. M. A. F. de Lapparent [**24**] a montré que le Burdigalien littoral, gréseux, passait latéralement à des marnes lacustres et à des conglomérats andésitiques, qui, à Vence comme à Biot, appartiennent bien au *Miocène* inférieur. Au-dessus, des marnes sableuses ont fourni une faune helvétienne, distincte de celle de Cabrières, analogue à celle du *Schlier* du bassin de Vienne (*Flabellipecten Guebardhi*, *Amussium denudatum*, *Astarte Neumayri*, *Lucina ottnangensis*, *Tapes sallomacensis*, *Turritella cathedralis*, *Ringicula Bonellii*, *Dentalium badense*, etc.). L'Helvétien de Vence est intéressant à plusieurs titres. C'est le seul point du Sud-Est où il est fossilifère et franchement différent du Tor-

tonien. Ses affinités avec l'Autriche et l'Italie sont plus proches qu'avec le bassin du Rhône, montrant bien que les deux régions étaient séparées par le Massif des Maures-Estérel et les plateaux calcaires de la Basse Provence orientale.

La régression générale post-tortonienne est suivie de dépôts continentaux dans le Bassin de Digne : d'abord des calcaires lacustres pontiens à Lymnées, puis les célèbres poudingues de Valensole.

Les poudingues de Valensole ont fait l'objet de discussions passionnées quant à leur épaisseur et à leur âge. M. J. Goguel a établi que leur épaisseur maxima était de l'ordre de 1.200 mètres aux environs de Volonne. Leur âge est difficile à établir, car les fossiles y sont extrêmement rares. M. A. F. de Lapparent rappelle la découverte d'*Hipparion gracile* et *Mastodon longirostris* dans les marnes de la base qui seraient alors pontiennes, de *Mastodon Borsoni* dans un niveau plus élevé (Pliocène inférieur), d'*Elephas meridionalis* vers le sommet, soit du Pliocène supérieur, du Villafranchien. Le remplissage de la cuvette de subsidence continentale, a débuté pendant le Pontien et s'est continué pendant toute la durée du Pliocène, sans aucune discordance au centre du bassin.

Les poudingues de Valensole présentent un nouveau cas intéressant de « piedmont gravels ». Il y a afflux de sédiments pendant la surrection des montagnes voisines; la surrection continue amène des discordances locales au milieu des poudingues qui finissent par être eux-mêmes incorporés dans le matériel de la chaîne plissée.

***

Toutes ces découvertes, qui se répartissent du Bassin de Paris à la Méditerranée et du Cambrien au Pliocène, ont été faites au cours des cinq dernières années. Encore nous avons dû, faute de la place nécessaire, réserver pour une autre « Revue » tout ce qui concerne les séries métamorphiques et la Tectonique.

Raymond Furon,

BIBLIOGRAPHIE

1. M. THORAL : Découvertes paléontologiques dans le Cambrien et le Silurien des Monts de Lacaune. *C. R. Ac. Sc.*, 1929, t. 189, p. 938-940.

2. A. MICHEL-LÉVY : Existence de formations antécambriennes dans la Montage Noire (Hérault). *C. R. Ac. Sc.*, 1932, t. 194, p. 1366-1368.

3. M. THORAL : Contribution à l'étude géologique des Monts de Lacaune et des terrains cambriens et ordoviciens de la Montagne Noire. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, 1935, t. XXXVIII, 350 p.

4. M. THORAL : Contribution A l'étude paléontologique de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire et revision sommaire de la faune cambrienne de la Montagne Noire. Montpellier, 1935, 1 vol. 362 p., 35 pl.

5. G. MATHIEU : Recherches géologiques sur les terrains paléozoïques de la région vendéenne. Lille, 1937, 2 vol., 321-92 p., plus 20 pl.

6. H. SCHOELLER : Sur la présence de Graptolithes dans les schistes métamorphiques du Massif des Maures. *C. R. S. Géol. Fr.*, 1938, p. 147-148.

7. A. LANQUINE : Le Jurassique moyen et supérieur des chaînes provençales. *B. Serv. Carte Géol. Fr.*, 1935, n° 191, 132 p., 20 pl.

8. P. LEMOINE : L'Ile-de-France. *Mém. Muséum Nat. Hist. Nat.*, 1937-1938, t. V, 442 p..

9. P. LEMOINE, R. HUMERY, R. SOYER : Sur la présence du Crétacé inférieur sous la région parisienne. *B. Muséum Nat. Hist. Nat.*, 1933, p. 501-504.

10. P. LEMOINE, R. HUMERY, R. SOYER : La découverte du Wealdien sous la région parisienne. *C. R. Ac. Sc.*, 1934, t. 199, p. 1633-1635.

11. P. LEMOINE : Considérations sur la structure d'ensemble du Bassin de Paris. *Livre Jubil. Centenaire S. Géol. Fr.* 1931, p. 481-498.

12. G. DEFLANDRE : Microfossiles des silex crétacés. *Ann. Paléont.*, 1936, t. XXV et 1937, t. XXVI.

13. P. MARIE : Deux niveaux du Maestrichtien du Bassin de Paris. *B. S. Géol. Fr.*, 1937, p. 257-269.

14. P. LEMOINE : L'âge et les conditions de dépôt du calcaire pisolithique. *B. S. Géol. Fr.*, 1937, p. 283-285.

15. Mme P. LEMOINE : Les algues calcaires du Calcaire pisolithique. *B. S. Géol. Fr.*, 1937, p. 287-288.

16. P. MARIE : Sur la faune de Foraminifères du Calcaire pisolithique du Bassin de Paris. *B. S. Géol. Fr.*, 1937, p. 289-294.

17. R. LAFFITTE et H. AGALÈDE : Sur le calcaire pisolithique du Mont Aimé (Marne). *C. R. S. Géol. Fr.*, 1938, p. 194-195.

17 *bis*. R. LAFFITTE : Sur la présence d'Operculines dans la formation dite *Calcaire pisolithique* du Bassin de Paris. *C. R. Ac. Sc.*, 1938, t. 206, p. 1908.

18. R. SOYER : Nouveaux gisements de calcaire pisolithique à l'Ouest et au Sud de Paris. *B. S. Géol. Fr.*, 1937, p. 271-281.

19. L. et J. MORELLET : Que faut-il entendre par « Bartonien » Mayer-Eymar 1856. *C. R. S. Géol. Fr.*, 1934, p. 73-74.

20. R. ABRARD : Faunes des sables de Chars, de Cresnes, de Marines et du Ruel. Conclusions à en tirer. *B. S. Géol. Fr.*, 1925, p. 15-32.

21. R. ABRARD : Nomenclature et synchronisme des assises de l'Eocène moyen et supérieur des Bassins nummulitiques de l'Europe occidentale. *B. S. Géol. Fr.*, 1933, p. 227-237.

22. Ch. FINATON : Les dépôts lagunaires et le gypse du Bassin de Paris. *Rev. Géogr. Phys. et Géol. dynamique*, 1934, p. 351-378.

23. Mlle H. ALIMEN : Etude sur le Stampien du Bassin de Paris. *Mém. S. Géol. Fr.*, 1936, n° 31, 310 p., 7 pl.

24. Albert-F. DE LAPPARENT : Etudes géologiques dans les régions provençales et alpines, entre le Var et la Durance. *B. Serv. Carte Géol. Fr.*, 1938, 302 p., 7 pl.

QUELQUES ASPECTS DES PHÉNOMÈNES D'ADSORPTION RELATIFS AUX SOLUTIONS

Etant données deux phases en contact A et B, on dit qu'il se produit un phénomène d'adsorption lorsque la composition de l'une au moins des phases éprouve une variation au voisinage de la surface de séparation : il y a, au voisinage de cette surface, accumulation ou raréfaction d'un au moins des constituants de l'une ou de l'autre des phases, l'adsorption étant considérée comme positive pour le constituant envisagé si la concentration de ce constituant est augmentée, et comme négative si elle est diminuée.

Les phénomènes d'adsorption les plus fréquents sont ceux où il y a fixation d'un gaz sur un solide ou d'un corps dissous sur la surface de séparation entre la solution et un gaz, un solide ou un autre liquide non miscible avec la solution.

La définition précédente paraît assez générale pour comprendre l'ensemble des phénomènes que la majorité des physico-chimistes s'accordent à rattacher à l'adsorption. Mais ces phénomènes présentent des particularités si variées qu'il a été impossible jusqu'ici d'énoncer des lois et d'établir des formules s'appliquant à tous les cas. C'est qu'en effet les actions susceptibles d'entraîner une variation brusque de la concentration d'une phase liquide ou gazeuse à la surface de séparation avec une autre phase peuvent se rattacher à des mécanismes bien différents. Dans cet article, nous nous proposons d'analyser succinctement celles qui sont susceptibles d'intervenir au contact d'une solution.

1. — Phénomènes d'adsorption liés aux variations de tension superficielle.

Relation de Gibbs. — Les corps qui, en solution dans un liquide, en modifient la tension superficielle donnent lieu, au contact de la surface de séparation de la solution avec une autre phase (solide, liquide ou gazeuse), à un phénomène d'adsorption régi par la relation de Gibbs :

$$u = \frac{-c}{RT}\frac{d\gamma}{dc}, \qquad (1)$$

où γ désigne la tension superficielle de la solution de concentration c et u, la variation de concentration par unité d'aire se produisant à la surface de contact de la solution avec l'autre phase[1]. Cette relation nous indique que u est positif et par suite que la couche de contact est plus riche en substance dissoute si $\frac{d\gamma}{dc}$ est négatif, c'est-à-dire si la tension superficielle de la solution est une fonction décroissante de la concentration; u est au contraire négatif et il y a raréfaction du corps dissous au voisinage de la surface de séparation des deux phases si $\frac{d\gamma}{dc}$ est positif, c'est-à-dire si la tension superficielle de la solution croît avec la concentration.

Formule de Freundlich. — La formule de Gibbs établit ainsi une relation mathématique entre la quantité (positive ou négative) du corps dissous fixée par unité de surface et la loi de variation de la tension superficielle en fonction de la concentration. Or, ainsi qu'on l'a souvent fait remarquer, l'adsorption positive est un phénomène beaucoup plus important que l'adsorption négative[2]. Bornons-nous donc à ce cas qui se produit lorsque la présence de la substance dissoute abaisse la tension superficielle du solvant.

Freundlich a observé que l'abaissement $\gamma_0 - \gamma$ de la tension superficielle du solvant déterminé par une substance dissoute, pour des concentrations modérées, peut être représenté par une équation de la forme :

$$\gamma_0 - \gamma = Ac^n$$

où n désigne un exposant inférieur à l'unité. On en tire :

$$-\frac{d\gamma}{dc} = Anc^{n-1}$$

qui, porté dans l'expression (1), fournit :

$$u = \frac{An}{RT}c$$

En désignant par σ la surface spécifique du corps adsorbant (surface relative à l'unité de masse), on obtient, pour représenter la concentration d'adsorp-

---

1. Lorsque u est positif, tout élément de volume comportant une partie de la surface de séparation des deux phases d'aire s renferme un excès égal à us du corps dissous par rapport à ce qu'exigerait la concentration c de la solution ; si u est négatif, l'élément de volume renferme une quantité de corps dissous inférieure de us à ce qu'exigerait cette concentration.

2. Voir notamment Kruyt : *Les Colloïdes*, p. 24, Alcan, éditeur, Paris.

tion s rapportée à l'unité de masse du corps adsorbant, l'expression :

$$s = u\sigma = \frac{A\sigma n}{RT} c^n$$

A température invariable, cette relation est de la forme :

(2) $$s = ac^n.$$

Le coefficient a est proportionnel à la surface spécifique du corps adsorbant; une telle particularité se retrouvera d'ailleurs pour tous les cas d'adsorption qui seront envisagés, ce qui justifie la dénomination de phénomènes superficiels sous laquelle on désigne parfois ces phénomènes.

Structure de la couche superficielle. — La relation de Gibbs ne nous fournit aucun renseignement sur la répartition en profondeur des molécules ainsi adsorbées. Langmuir [3] a supposé que dans le cas de solutions aqueuses d'acide gras renfermant un petit nombre d'atomes de carbone, les molécules d'acide adsorbées à la surface des solutions devaient former une couche analogue aux couches monomoléculaires insolubles que fournissent par étalement à la surface de l'eau les acides les plus élevés dans la série. Cette hypothèse a fait l'objet de nombreuses vérifications indirectes, au premier rang desquelles il convient de citer celles de Bouhet [4], basées sur l'étude de la polarisation elliptique de la lumière réfléchie à la surface des liquides. Les résultats qu'il a obtenus s'interprètent en admettant qu'à la surface des liquides les molécules adsorbées sont localisées sur cette surface et orientées, leur concentration par unité d'aire allant en augmentant avec leur concentration dans la solution pour tendre à former une couche de molécules juxtaposées [5].

Cette couche semble réversible, tout au moins dans le cas des acides gras à nombre relativement faible d'atomes de carbone, sa concentration étant une fonction déterminée de la concentration de la solution. Mais un certain nombre de résultats expérimentaux indiquent qu'il n'en est pas toujours ainsi.

H. Devaux et Lecomte du Noüy ont constaté que, dans de nombreux cas, la surface de séparation entre la solution et l'autre phase en contact (solide, liquide ou gazeuse) se recouvre d'une assise de molécules contiguës dès que le nombre de ces molécules présentes dans la solution est suffisant pour constituer une telle couche [6]. Ce revêtement forme souvent une véritable membrane comme l'a montré Devaux [7]. Dans tous les cas, une fois constitué, il subsiste indéfiniment si on ne le perturbe pas par une action mécanique extérieure. Les recherches de Dervichian [8] relatives à des solutions très étendues de corps peu solubles ont établi que les molécules dissoutes viennent former une sorte de gaz superficiel à la surface libre de la solution qu'elles ne paraissent plus quitter, une fois qu'elles l'ont atteinte, pour regagner la masse même du liquide.

Ainsi, dans beaucoup de cas tout au moins, il ne semble pas que l'on soit dans les conditions requises pour que la relation de Gibbs soit applicable en toute rigueur. En particulier cette relation ne paraît pas valable pour une solution très diluée dans les cas signalés par Devaux et Lecomte du Noüy où *toutes* les molécules dissoutes se portent sur la surface et s'y stabilisent.

Remarques sur les vérifications de la relation de Gibbs. — En dehors de Bouhet dont nous avons signalé les très intéressantes vérifications d'ordre indirect, un certain nombre d'auteurs se sont proposé de vérifier la relation de Gibbs par des expériences directes. Mais si leurs recherches ont établi qualitativement la présence d'un excès du corps dissous à la surface de la solution lorsque ce corps abaisse la tension superficielle, elles n'ont apporté aucune confirmation

3. Langmuir : *Journal Amer. Chem. Soc.*, **39**, 1917, p. 1488.

4. C. Bouhet. *Thèse*, Paris, 1930. On trouvera dans le mémoire de Bouhet une discussion très intéressante des travaux antérieurs relatifs aux vérifications de la formule de Gibbs.

5. Sur les causes déterminant la production de la couche des molécules adsorbées, nous n'avons aucune indication précise. Il ne semble pas qu'on puisse l'attribuer à une action proprement chimique d'un des constituants de la solution sur les molécules de l'autre phase en contact. On parait plutôt fondé à admettre que les molécules dissoutes formant la couche sont maintenues et orientées par des forces de nature capillaire, analogues à celles invoquées par Laplace, les forces d'attraction relatives à une molécule devant être considérées comme réparties autour de la molécule d'une manière liée à la constitution et à la symétrie de cette molécule. Une telle conception apparait comme vraisemblable si l'on songe que les molécules des substances fortement tensioactives sont généralement des molécules complexes à moment électrique permanent, comportant de longues chaînes d'atomes dont on peut supposer que les actions se répartissent d'une manière très dissymétrique autour de la molécule.

6. Lecomte du Noüy, étudiant les solutions de protéine et d'oléate de sodium, a observé la formation d'une assise continue de molécules juxtaposées à la surface libre de la solution ou au contact de celle-ci avec une surface de verre, cette assise étant constituée lorsque la tension superficielle passe par un minimum et il a pu utiliser le phénomène à la détermination des dimensions des molécules tensioactives dissoutes et du nombre d'Avogadro. Lecomte du Noüy : *Equilibres superficiels des solutions colloïdales*. Un vol. in-8° de 228 p. Masson, Paris, 1929.

7. « Une solution à un titre quelconque de tanin ou d'albumine dans l'eau donne une lame solide de ces substances lorsqu'elle est mise en contact avec la benzine ou l'éther de pétrole ». (Devaux : *Bulletin de la Société française de Physique*, 132 S. 7 juillet 1933). « Une goutte d'albumine déposée sur l'eau d'une cuvette, s'étend en un cercle jusqu'à former une couche monomoléculaire qui se montre aussitôt solide, c'est-à-dire nettement coagulée » (*Id.* 104 S. 14 mai 1936).

8. Dervichian : *Journal de Chimie physique*, t. XXX, p. 468, 1933.

quantitative précise de la relation envisagée. Ce résultat négatif peut tenir à ce que deux des hypothèses essentielles sur lesquelles repose théoriquement la formule de Gibbs ne sont point réalisées expérimentalement.

1° Pour établir la formule de Gibbs on suppose que le phénomène est réversible. Or, ainsi que nous l'avons rappelé précédemment, les expériences de Devaux ont montré que dans de nombreux cas les films monomoléculaires formés à la surface d'une solution par les molécules des substances dissoutes capillairement actives sont irréversibles : non seulement les molécules constituant le film ne peuvent repasser spontanément en solution, mais, pour certains films, et notamment ceux d'albumine et de diverses protéines, il semble que le corps soit devenu insoluble [9].

2° Même lorsque la condition de réversibilité est satisfaite, la formule de Gibbs ne s'appliquera que s'il y a équilibre entre la couche superficielle et le reste de la solution. Cet état d'équilibre peut être très lent à s'établir surtout pour les solutions étendues, ainsi que le montre l'étude de la tension superficielle en fonction du temps : la tension superficielle n'atteint sa valeur limite qu'au bout d'un temps généralement assez long, souvent de l'ordre de plusieurs heures pour les solutions très étendues de substances tensio-actives de grande masse moléculaire. Or dans toutes les expériences qui ont été tentées pour vérifier directement la formule de Gibbs, les films étudiés étaient ceux qui prennent naissance dans la formation de gouttes au contact de liquides non miscibles ou dans la production de mousse, et pendant les quelques secondes nécessaires à la formation d'une goutte ou à la production de mousse, on ne peut espérer que l'équilibre superficiel ait le temps de s'établir. Ni la tension superficielle γ, ni la concentration d'adsorption u n'ont les valeurs qui correspondraient à l'équilibre pour une solution ayant la concentration c envisagée; cependant comme il est vraisemblable d'admettre que u et γ varient d'une manière grossièrement parallèle en fonction du temps, on conçoit que des vérifications qualitatives puissent être obtenues.

3° L'état d'équilibre serait plus vite atteint dans le cas de solutions relativement concentrées, mais alors la variation de la tension superficielle avec la concentration devient très faible et la valeur de $\frac{d\gamma}{dc}$ très petite ainsi que le quotient $\frac{u}{c}$. La vérification de la formule de Gibbs devant porter sur la comparaison de deux quantités très faibles dont la mesure peut être affectée d'une erreur relative considérable, on conçoit que cette vérification devienne elle-même fort aléatoire; là encore on ne pourra espérer obtenir que des confirmations d'ordre qualitatif.

A ce propos, il nous paraît intéressant de signaler que les opinions couramment admises concernant l'adsorption peuvent ne pas être valables dans le cas où cette adsorption est relative à un corps tensio-actif de masse moléculaire élevée pris à l'état de solution. On dit souvent que l'adsorption est un phénomène quasi instantané et que lorsqu'il se prolonge pendant un temps appréciable c'est qu'il y a pénétration par diffusion des molécules adsorbées à l'intérieur du corps sur lequel se produit l'adsorption, les phénomènes n'étant plus purement superficiels. Cependant l'adsorption qui se produit à la surface libre d'une solution d'une substance tensio-active semble bien pouvoir être regardée comme le type même des phénomènes purement superficiels. Or l'étude de la tension superficielle en fonction du temps montre que cette tension varie souvent très lentement en sorte que l'adsorption des molécules dissoutes sur la couche superficielle se produit elle-même lentement et, en aucun cas, ne saurait être regardée comme instantanée.

2. — Phénomènes d'adsorption dus à une réaction réversible entre les molécules du corps dissous et les molécules superficielles de l'adsorbant.

Fixation réversible sur l'adsorbant d'un constituant de la solution. — Supposons qu'un constituant C (molécule ou ion) du corps adsorbant puisse s'unir avec un constituant X de la solution existant dans celle-ci sous forme de molécules ou d'ions de manière à fournir une réaction réversible :

$$C + X \rightleftarrows CX \quad (1)$$

Il s'établit finalement un équilibre régi par la loi d'action des masses entre : 1° le constituant C et le produit CX de la réaction fixés à la surface du corps adsorbant et baignés par le solvant; 2° le constituant X dissous dans le solvant et libre de se mouvoir en tous sens à l'intérieur de celui-ci.

Désignons par c le nombre des molécules ou des ions du constituant C par unité de surface de la phase solide représentant ce qu'on appelle

9. H. Devaux : *Loc. cit.* Voir également *Bulletin de la Société française de Physique*. 84 S. 18 juin 1937. Les recherches de Dervichian sur la pression superficielle des molécules dissoutes dans le cas des solutions très étendues d'acides gras peuvent être regardées comme confirmant à cet égard les constatations de Devaux, le film une fois établi manifestant une grande stabilité.

parfois la concentration superficielle de l'adsorbant en molécules actives et par y le nombre de molécules du composé CX qui ont pris naissance par unité de surface du corps adsorbant lorsque l'équilibre est établi; la concentration des molécules de C est alors devenue $c-y$, en même temps que la concentration du constituant X a pris dans la solution la valeur x. La loi d'action des masses appliquée à l'équilibre ainsi obtenu fournit la relation :

$$\frac{y}{(c-y)\,x} = k \tag{2}$$

c'est-à-dire :

$$y = \frac{ckx}{1+kx}$$

Le nombre s des molécules du constituant X qui sont fixées sur l'unité de masse du corps adsorbant est égal à σy, σ désignant la surface spécifique du corps adsorbant :

$$s = \frac{\sigma ckx}{1+kx}$$

ce qu'on peut écrire :

$$s = \frac{k\gamma x}{1+kx} \tag{3}$$

γ désignant une nouvelle constante qui représente le nombre des molécules superficielles actives par unité de masse du corps adsorbant.

Dans ce cas, l'adsorption obéit à la formule (3) qui est celle de Langmuir [10] indiquée également par Jean Perrin [11].

On a supposé, dans l'établissement de la formule, qu'une molécule du corps adsorbé ne recouvrait qu'une seule molécule active de l'adsorbant. Or, il peut arriver qu'une molécule du corps adsorbé occupe sur l'adsorbant la place de plusieurs molécules actives tout en étant cependant liée à une seule de ces molécules. Si une molécule du corps adsorbé recouvre n molécules actives, tout se passe comme s'il existait seulement $\frac{c}{n}$ de ces molécules. L'équation d'équilibre est alors :

$$y = k\left(\frac{c}{n} - y\right)x$$

$$y = \frac{k\,\frac{c}{n}\,x}{1-kx} = \frac{1}{n}\,\frac{kcx}{1+kx}$$

On aboutit toujours à une relation ayant la forme (3), mais dans laquelle γ peut, pour un même corps adsorbant, avoir une valeur variable avec la nature du corps adsorbé.

La formule (3) peut s'écrire :

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{\gamma} + \frac{1}{k\gamma}\,\frac{1}{x} \tag{3 bis}$$

Si l'on représente l'inverse $\frac{1}{s}$ de la concentration sur l'adsorbant en fonction de l'inverse $\frac{1}{x}$ de la concentration de la solution, les points figuratifs se placent sur une droite dont l'ordonnée à l'origine représente l'inverse de la concentration atteinte à la limite sur le corps adsorbant pour une concentration infinie de la solution. Si l'on exprime la concentration de la solution en molécules-grammes par litre, la détermination de l'ordonnée à l'origine permet de connaître le nombre de molécules-grammes que peut fixer à la limite l'unité de masse du corps adsorbant [12].

Echanges réversibles entre l'adsorbant et la solution. — Le phénomène d'échange d'ions entre un corps adsorbant et une solution se rattache directement au type précédent d'adsorption.

Considérons un corps adsorbant dont la surface est constituée par un sel insoluble RM ayant ses molécules orientées de manière que les cathions M^+ forment principalement le revêtement extérieur; en présence de la solution d'un autre

10. Langumir : *The Physical Review*, 2e série, t. VIII, p. 149, 1916.

11. Jean Perrin : *Journ. de Chim. Phys.*, t. XX, p. 508, 1923.

12. L'équation (3) peut encore s'écrire :

$$\frac{x}{s} = \frac{1}{k\gamma} + \frac{x}{\gamma},$$

le rapport $\frac{x}{s}$ entre la concentration dans la solution et la concentration sur l'adsorbant est une fonction linéaire croissante de la concentration de la solution. La droite représentant $\frac{x}{s}$ en fonction de x possède une ordonnée à l'origine et un coefficient angulaire respectivement égaux au coefficient angulaire et à l'ordonnée à l'origine de la droite représentée par l'équation (3 bis), ce qui fournit un nouveau moyen de déterminer graphiquement les valeurs de $k\gamma$ et de γ. En particulier $\frac{1}{k\gamma}$ représente la limite du rapport vers lequel tend le quotient $\frac{x}{s}$ de la concentration dans la solution et de la concentration sur l'adsorbant lorsque la concentration de la solution tend vers zéro.

D'autres modes très simples de vérification sont également possibles. Ainsi l'équation (2) peut s'écrire :

$$\frac{y}{x} = k\,(c-y),$$

et en introduisant les concentrations rapportées à l'unité de masse du corps adsorbant :

$$\frac{s}{x} = k(\gamma - s).$$

Si l'on représente $\frac{s}{x}$ en fonction de s, on a une droite dont le coefficient angulaire fait connaître k et dont le point de rencontre avec l'axe des abscisses fournit γ.

sel R' M', il pourra se produire un échange de cathions suivant la réaction :

$$\underbrace{R^- + M^+}_{\text{adsorbant}} + \underbrace{R'^- + M'^+}_{\text{solution}} \rightleftarrows \underbrace{R^- + M'^+}_{\text{adsorbant}} + \underbrace{R'^- + M^+}_{\text{solution}}$$

Un tel phénomène d'échange d'ions intervient dans un nombre considérable de processus physico-chimiques ou biologiques. On connaît depuis longtemps les déplacements réciproques des bases fixées sur les substances colloïdales du sol (humus et argile) par des solutions salines. Devaux a constaté des déplacements analogues avec les tissus des êtres vivants, végétaux et animaux. « Une solution d'un sel quelconque, même peu soluble (SO^4Ca) ou presque insoluble (CO^3Ca), écrit-il à propos d'expériences faites sur les végétaux, chasse le potassium des cellules vivantes et le remplace par du calcium. Mais inversement, des solutions potassiques enlèvent ce calcium fixé par la plante de sorte que les métaux alcalins, qui peuvent être déplacés par le calcium, peuvent inversement déplacer le calcium. On peut ainsi effectuer des permutations des cathions dans un sens quelconque parce que, dans tous les cas, il s'agit d'une action de masse, quoique la nature des bases montre aussi l'influence des différences d'affinités spécifiques[13] ».

Des expériences analogues effectuées par le même auteur sur des animaux (têtards, tanche de Mongolie, cyprins, anguilles, tritons, verres de terre) et sur la peau humaine, ont fourni des résultats tout à fait semblables. Les têtards, « mis en eau distillée, n'abandonnent que des traces de calcium, tandis qu'avec une solution de chlorure de potassium à deux millièmes, ils abandonnent très vite des quantités notables de calcium et en même temps du magnésium[14] ». Devaux signale qu'il a observé la permutation des bases sur ces animaux comme sur les plantes et constaté notamment qu'on peut leur enlever des quantités très importantes de calcium en les immergeant dans la solution d'un sel alcalin.

Les permutites, silicates complexes d'aluminium et de calcium ou d'un métal alcalin, possèdent à un haut degré la propriété de donner lieu à des échanges d'ions analogues. Mise en présence d'une solution de chlorure de calcium, une permutite alcaline abandonne le sodium qu'elle contient et fixe le calcium; à son tour le produit obtenu régénère la permutite alcaline par traitement avec une solution de chlorure de sodium. On sait que ces échanges réversibles de cathions permettent d'utiliser les permutites pour l'épuration de l'eau destinée à l'alimentation des chaudières : en passant sur une couche de permutite alcaline, l'eau à épurer abandonne le calcium ou le magnésium qu'elle contient; on peut ensuite régénérer le filtre en l'arrosant avec une solution de chlorure de sodium.

Les phénomènes d'adsorption liés à des échanges réversibles entre l'adsorbant et la solution obéissent à une relation qui peut être établie simplement par application de la loi d'action des masses. Supposons que l'adsorbant renferme un constituant M qui, mis en présence d'une solution renfermant un constituant M' donne lieu à une réaction d'adsorption se traduisant par un échange réversible entre M et M' suivant l'équation :

$$\text{M } (adsorbant) + \text{M}' \ (solution) \rightleftarrows$$
$$\rightleftarrows \text{M}' \ adsorbant + \text{M } (solution).$$

Désignons par c la concentration superficielle initiale du constituant M sur l'adsorbant et par y la concentration superficielle du constituant M' sur le même adsorbant après que l'équilibre est réalisé en présence d'une solution où la concentration du constituant M' est égale à x; l'adsorption fait passer dans la solution le constituant M sous une concentration qui, lorsque l'équilibre est atteint, est proportionnelle à y (le coefficient α de proportionnalité dépendant du volume de la solution et de la surface du corps adsorbant). Quand l'équilibre est réalisé, les concentrations ont les valeurs suivantes :

$c - y$ pour le constituant M sur l'adsorbant;
x pour le constituant M' dans la solution;
y pour le constituant M' sur l'adsorbant;
αy pour le constituant M dans la solution.

L'application de la loi d'action des masses fournit la relation :

$$\frac{\alpha y^2}{(c - y)\,x} = \text{K}$$

En introduisant les concentrations $s = \sigma y$ et $\gamma = \sigma c$ rapportées à l'unité de masse du corps adsorbant, on aura une relation de la forme :

$$s^2 = kx(\gamma - s)$$

qu'on peut écrire :

$$\frac{s}{x} = k\left(\frac{\gamma}{s} - 1\right)$$

$\frac{s}{x}$ doit varier linéairement en fonction de $\frac{1}{s}$.

Phénomènes d'adsorption liés à des forces de Van der Waals. — Quand les molécules dissoutes passent suffisamment près d'une paroi solide, elles peuvent être captées et retenues par des forces de Van der Waals pendant un intervalle de temps variable avec la nature des molécules dissoutes et celle de la paroi solide;

---

13. Devaux : *Bulletin de la Société française de Physique*, p. 54 S, 21 mars 1930.

14. Devaux : *Loc. cit.*, p. 54 S, 21 mars 1930.

l'équilibre s'établit lorsque le nombre des molécules captées pendant un certain intervalle de temps est égal au nombre des molécules réémises, et cet équilibre est encore régi par la formule de Langmuir-Perrin.

Cas où les molécules du corps adsorbé sont complexes. Formule générale d'adsorption. — Supposons que, les molécules du corps adsorbé étant très complexes, chaque de ces molécules puisse s'unir à p molécules du corps adsorbant :

$$pC + X \rightleftarrows C^pX$$

Pour qu'une molécule du corps dissous X se fixe sur l'adsorbant, il faut qu'elle puisse rencontrer sur l'adsorbant p molécules actives qui soient à la fois libres et voisines. De même, en se détruisant, le composé C^p X devra libérer p atomes ou molécules de C voisins. En désignant par y le nombre de molécules du composé C^p X par unité de surface lorsque l'équilibre est établi, l'équation d'équilibre[15] sera de la forme :

$$y^n = K\,(c - py)^n\,x$$

n désignant un nombre entier ou fractionnaire supérieur à l'unité.

On en tire, en désignant par k une nouvelle constante :

$$y = k(c - py)\,x^{\frac{1}{n}}$$

d'où

$$y = \frac{kcx^{\frac{1}{n}}}{1 + pkx^{\frac{1}{n}}}$$

En désignant par M et N deux nouvelles constantes, on voit que la concentration d'adsorption s rapportée à l'unité de masse du corps adsorbant se présente comme une expression de la forme :

$$s = \frac{Mx^{\frac{1}{n}}}{1 + Nx^{\frac{1}{n}}} \qquad (4)$$

Cette formule dans laquelle n désigne un nombre supérieur à l'unité rappelle la formule de Freundlich avec laquelle elle se confond pour les très faibles valeurs de x. Elle rappelle aussi celle de Langmuir à laquelle elle s'identifie lorsque n est égal à l'unité. Elle s'identifierait d'ailleurs avec celle de Freundlich pour $N = 0$. En réalité la formule (4), indiquée antérieurement par Chakravarti et Dhar[16], nous paraît pouvoir être regardée comme une formule très générale susceptible de s'appliquer d'une part à tous les cas régis par la formule de Langmuir ($n = 1$) et par celle de Freundlich ($N = 0$) et d'autre part à un certain nombre de cas intermédiaires. On peut l'écrire :

$$\frac{1}{s} = \frac{N}{M} + \frac{1}{M}\,\frac{1}{x^{\frac{1}{n}}}$$

Dans un cas expérimental donné, l'étude du phénomène pourra être conduite de la manière suivante :

1° On représente graphiquement les valeurs expérimentales de $\log s$ en fonction de $\log x$. Si le phénomène d'adsorption est régi par la formule de Freundlich, les points se placeront sur une droite. Mais dans tous les cas, on obtient une courbe dont les points relatifs aux faibles valeurs de x se trouvent sensiblement sur une droite de coefficient angulaire m ; ce coefficient angulaire représente la valeur de $\frac{1}{n}$ et il devra toujours être inférieur ou au plus égal à l'unité.

2° Si le coefficient angulaire m est égal à l'unité, le phénomène d'adsorption étudié est régi par l'équation de Langmuir ; on s'en apercevra en représentant $\frac{1}{s}$ en fonction de $\frac{1}{x}$, les points obtenus se disposeront suivant une droite.

3° Si le coefficient angulaire m est inférieur à l'unité, le phénomène d'adsorption pourra suivre la relation de Freundlich ou la relation générale plus complexe que nous avons envisagée. Pour s'en assurer, il suffira, $\frac{1}{n} = m$ étant connu, de représenter graphiquement les valeurs expérimentales de $\frac{1}{s}$ en fonction de $\frac{1}{x^m}$. Les points se placeront sur une droite. Si la droite passe par l'origine, c'est que l'on a $N = 0$ et la formule qui convient au cas envisagé est bien celle de Freundlich ; si la droite ne passe pas par l'origine, c'est que le coefficient N est différent de zéro et c'est alors la formule générale qui devra être utilisée. Dans ce dernier cas, si l'on exprime la concentration x de la solution en molécules-grammes par unité de volume, l'ordonnée à l'origine de la droite fera connaître l'inverse de la concentration limite, évaluée en molécules-grammes par unité de masse du corps adsorbant, qui se trouve réalisée sur celui-ci en présence d'une solution de concentration théoriquement infinie des molécules dissoutes.

Cas où le corps adsorbant renferme plusieurs groupes de molécules actives. — Un cas plus compliqué est celui où la surface du corps adsorbant renferme plusieurs groupes de molécules actives. Supposons la présence de deux

15. La justification de l'équation écrite est assez délicate. On a affaire à un type de réaction polymoléculaire dont la cinétique ne paraît pas aisée à établir ; l'hypothèse faite revient à admettre que la réaction est d'ordre n en ce qui concerne le constituant C ainsi que le composé d'adsorption C^pX.

16. M. N. Chakravarti et N. R. Dhar : *Kolloïd Zeitschrift*, Band 43, 1927, S. 377.

groupes de ces molécules C_1 et C_2, de concentration initiale c_1 et c_2 par unité de surface, susceptibles, en présence du constituant X, de fournir les équilibres :

$$C_1 + X \rightleftarrows C_1X$$
$$C_2 + X \rightleftarrows C_2X$$

Les concentrations superficielles y_1 et y_2 des constituants C_1X et C_2X sur le corps adsorbant sont fournies par les relations :

$$y_1 = \frac{k_1 c_1 x}{1 + k_1 x}$$
$$y_2 = \frac{k_2 c_2 x}{1 + k_2 x}$$

La concentration superficielle totale du constituant X sur l'adsorbant sera :

$$y = \frac{k_1 c_1 x}{1 + k_1 x} + \frac{k_2 c_2 x}{1 + k_2 x}$$

ce qui fournit pour la concentration s rapportée à l'unité de masse du corps adsorbant l'expression :

$$s = \frac{k_1 \gamma_1 x}{1 + k_1 x} + \frac{k_2 \gamma_2 x}{1 + k_2 x}$$

γ_1 et γ_2 désignant les concentrations des molécules actives de l'adsorbant rapportées à l'unité de masse de celui-ci.

La courbe représentant s en fonction de x part de l'origine et s'élève progressivement mais en s'incurvant de plus en plus vers l'axe des x de manière à fournir pour s une valeur limite égale à $\gamma_1 + \gamma_2$ lorsque x croît indéfiniment. L'allure de la courbe est analogue à celle que l'on obtient dans le cas où la surface du corps adsorbant ne renferme qu'une seule sorte de molécules actives; mais cette courbe est plus complexe et ne se confond pas avec une hyperbole. Si l'on représente $\frac{1}{s}$ en fonction de $\frac{1}{x}$, les points figuratifs ne se placent plus sur une droite. Les écarts que présentent par rapport à la formule de Langmuir-Perrin les phénomènes d'adsorption relatifs à des substances dissoutes se fixant sur des corps adsorbants plus ou moins complexes pourraient sans doute s'interpréter dans bien des cas par l'existence de plusieurs groupes de molécules actives à la surface du corps adsorbant, agissant chacune pour leur propre compte.

3. — Cas où il se produit une réaction irréversible entre les molécules du corps dissous et les molécules superficielles de l'adsorbant.

Il peut arriver que la réaction entre le corps dissous et le corps adsorbant soit irréversible, c'est-à-dire non limitée par la réaction inverse. Dans ce cas, la réaction entre les molécules superficielles du corps adsorbant et les molécules dissoutes se poursuivra indéfiniment jusqu'à épuisement des molécules actives du corps adsorbant.

C'est à ce type d'adsorption qu'il convient, semble-t-il, de rattacher la fixation des bases par les substances colloïdales du sol, humus et argile. Cette fixation est un processus irréversible, le lavage même prolongé par l'eau de l'argile ou de l'humus qui ont fixé des ions alcalins ou alcalino-terreux n'enlève pas de quantités appréciables de ces ions. On ne peut éliminer les ions fixés qu'en mettant le corps adsorbant au contact d'une solution saline et seul ce déplacement des ions fixés par les ions d'une solution apparaît comme un processus réversible. De même H. Devaux a constaté que, mis en présence de solutions de sulfate de calcium, le verre fixe irréversiblement les ions Ca^{++} qui ne peuvent être éliminés par des lavages à l'eau. Mlle L. de Brouckère, au cours de ses recherches sur l'adsorption des solutions salines par des précipités de sulfate de baryum, a également reconnu que l'adsorption des micelles, présentes dans le chlorure ferrique hydrolysé, est irréversible [17].

Les processus d'adsorption irréversibles semblent jouer un rôle important en biologie. Ainsi Devaux a reconnu [18] qu'en mettant des solutions plombiques ou cuivriques au contact de certaines plantes, il se produisait une fixation instantanée et une accumulation du métal, en sorte que la concentration de ce métal dans la plante pouvait devenir beaucoup plus forte que dans la solution; cette accumulation se fait sentir même quand la plante est plongée dans des solutions extraordinairement diluées, un dix-millionième et moins encore. Une fixation analogue se produit au contact de solutions de sels très solubles, comme les sels de sodium ou de potassium sous des concentrations pouvant être inférieures à un cent-millième. Ces sels, écrit Devaux, « sont pour ainsi dire insolubilisés, ce qui démontre une énergie de fixation comparable aux affinités chimiques les plus puissantes. » Là encore les cathions fixés ne peuvent être déplacés qu'en mettant les tissus végétaux au contact de solutions salines renfermant d'autres cathions et seul ce processus de déplacement semble pouvoir être rattaché à une adsorption réversible.

Il paraît également certain que des actions irréversibles interviennent dans les phénomènes de teinture.

17. Mlle L. de Brouckère : *Annales de Chimie*, 10e série, t. XIX, p. 79, 1933.

18. H. Devaux : *Bulletin de la Société française de Physique*, p. 54 S, mars 1930.

4. — Influence de la diffusion.

Les phénomènes d'adsorption proprement dits dus à la fixation des molécules dissoutes à la surface d'un corps adsorbant peuvent se compliquer d'une pénétration de ces molécules par diffusion à travers la masse de l'adsorbant. Une telle pénétration semble se manifester avec plus ou moins d'intensité dans tous les cas d'adsorption sur les gels colloïdaux. Mais on peut l'observer sur des corps adsorbants véritablement solides comme le verre ainsi que l'a constaté Devaux.

Etudiant l'adsorption au contact du verre et d'une solution de sulfate de calcium, cet auteur a remarqué qu'à côté du phénomène superficiel intervient un phénomène profond; il y a pénétration lente des ions Ca^{++} à l'intérieur du verre, et ces ions Ca^{++}, fixés dans la masse même du verre, peuvent à leur tour être déplacés lentement par d'autres cathions, ce qui, d'après Devaux, ne saurait s'expliquer que par un cheminement inverse des ions qui, même dans la profondeur du verre, arrivent à permuter. Et l'auteur ajoute : « Le verre se comporte donc comme un gel, montrant l'adsorption non seulement à sa surface mais aussi dans sa masse ».

Conclusion.

Les quelques exemples que nous avons passés en revue dans cette étude suffiront sans doute à montrer toute la variété des phénomènes auxquels peut donner lieu l'adsorption d'une substance dissoute. Encore nous sommes-nous bornés au cas où l'adsorption porte uniquement sur des molécules du corps dissous, alors que pratiquement les molécules du solvant interviennent toujours plus ou moins. Les cas où plusieurs substances dissoutes existent en solution sont encore plus complexes. Nous les avons examinés théoriquement dans un autre travail [19].

Nous pensons cependant que l'on peut dans la majorité, sinon dans la totalité des cas, envisager les phénomènes d'adsorption comme le résultat d'actions chimiques, en prenant ce terme dans son sens le plus général, entre les molécules présentes dans le milieu soumis à l'adsorption et celles qui se trouvent à la limite de séparation des deux phases sur lesquelles se produit l'adsorption, ces actions chimiques pouvant être réversibles ou irréversibles, donner lieu ou non à des équilibres, être plus ou moins intenses, etc. Toutes ces particularités nous paraissent susceptibles de se rattacher plus ou moins directement aux conceptions relatives à la cinétique des réactions chimiques, actuellement en pleine évolution, dont il n'est pas interdit de penser que les progrès pourront se traduire dans notre connaissance des phénomènes d'adsorption qui jouent un rôle si important dans tant de processus physico-chimiques et biologiques.

A. Boutaric,
Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon.

19. A. Boutaric : *Journal de Chimie Physique*, t. XXXV, n° 5, p. 158, mai 1938. Le lecteur pourra également consulter sur les phénomènes d'adsorption, la monographie de Max Geloso. *Adsorption en phase liquide*. Centre de Documentation chimique, 28, rue Saint-Dominique, Paris-7e.

Erratum.

Revue des Sciences du 15 mai 1938. Dans l'article de M. L. Demozay : Au sujet de la variation de volume des Etoiles en corrélation avec le temps et avec leur température :

A la page 233 et à la onzième ligne de la deuxième colonne il faut substituer à la formule

$$e = \frac{Ca^t}{a^t + 1}$$

la formule :

$$e = \frac{E}{a^t + 1}$$

L'INTÉRÊT ACTUEL DE LA QUESTION DE L'OZONE ATMOSPHÉRIQUE

La question de l'ozone atmosphérique n'est pas nouvelle; depuis une trentaine d'années elle a donné lieu à un grand nombre de travaux qui peu à peu ont contribué à l'éclaircir, mais aujourd'hui elle déborde largement son propre cadre et on voit se préciser l'importante contribution qu'elle apportera à la connaissance de l'atmosphère.

Il me faudrait trop de place pour l'exposer complètement. Aussi je renverrai le lecteur qui voudrait s'en faire une idée soit à l'une soit à l'autre de deux publications précédentes (1, 2) où j'avais tenté d'en donner brièvement un aperçu. Je me bornerai à rappeler seulement les travaux qui en montrent l'évolution et j'insisterai plus particulièrement sur les découvertes récentes.

Je rappellerai tout d'abord les précieuses propriétés absorbantes de l'ozone, qui, étudiées au laboratoire, ont été ensuite utilisées pour les investigations relatives à l'ozone atmosphérique. Le spectre d'absorption de l'ozone se compose de plusieurs groupes de bandes :

1° Dans l'ultraviolet, bande de Hartley (2100-3200 A) avec un maximum d'absorption autour de la longueur d'onde 2550 A. Dans cette région l'intensité de l'absorption est vraiment exceptionnelle et comparable à l'absorption métallique. Cette bande se prolonge du côté des grandes longueurs d'onde par les bandes de Huggins qui s'étendent jusqu'à 3500 A : ce sont elles que l'on rencontre à l'extrémité ultraviolette du spectre des astres.

2° Dans le visible, bandes de Chappuis (4500-6500 A) avec un maximum vers 6000 A, responsables de la couleur bleue de l'ozone.

3° Bandes de l'infra-rouge, comprises entre 1 et 25 μ, qui confèrent à l'ozone de l'atmosphère une certaine importance au point de vue des échanges thermiques.

Fabry et Buisson, après une étude quantitative des coefficients d'absorption de l'ozone dans l'ultraviolet et de l'absorption par l'atmosphère, montrèrent que la limitation du spectre des astres était due à l'ozone atmosphérique et non à un défaut d'émission. Ils déterminèrent ainsi l'épaisseur réduite de l'ozone atmosphérique, c'est-à-dire celle qu'aurait ce gaz s'il était séparé du reste de l'atmosphère et ramené aux conditions normales de température et de pression. Leurs résultats ayant une importance fondamentale, et le principe de leur méthode étant encore celui utilisé actuellement, il est bon de nous y arrêter.

La mesure des coefficients d'absorption se fait au laboratoire en deux temps : d'abord par une mesure spectrophotométrique on détermine pour les différentes longueurs d'onde l'intensité lumineuse absorbée par l'ozone contenu dans un tube; ensuite par un dosage chimique on évalue cette quantité d'ozone et on calcule les coefficients d'absorption.

Pour déterminer l'absorption atmosphérique, on enregistre photographiquement l'intensité du rayonnement solaire pour des distances zénithales croissantes. On trace alors, pour une série de longueurs d'onde, des courbes en portant en abscisses les distances zénithales et en ordonnées les intensités reçues. Ces courbes sont des droites (droites de Bouguer), car l'absorption est proportionnelle au parcours de la lumière dans l'atmosphère. La pente de ces droites donne l'absorption atmosphérique au zénith. Mais celle-ci ne doit pas être tout entière attribuée à l'ozone; elle comprend aussi l'absorption due à la brume et aux poussières et l'absorption résultant de la diffusion de la lumière par les molécules gazeuses.

En comparant les absorptions pour différentes longueurs d'onde, on peut éliminer l'absorption due à la brume et aux poussières grâce au fait approximativement vérifié qu'elle n'est pas sélective. On élimine ensuite l'absorption par diffusion moléculaire (proportionnelle à λ^{-4} d'après la loi de Rayleigh, vérifiée dans le domaine spectral où l'ozone n'absorbe pas). Reste alors l'absorption due à l'ozone, qui divisée par le coefficient d'absorption, donne l'épaisseur réduite. La constance de ce nombre pour la grande étendue spectrale sur laquelle portaient ces mesures a montré que le corps absorbant était bien l'ozone.

L'épaisseur réduite fut trouvée variable d'un jour à l'autre et de l'ordre de 2,5 mm. Nous reviendrons plus loin sur ces variations.

Depuis, plusieurs autres méthodes ont été employées, mais elles ne diffèrent de celle-ci que par le choix de l'astre (Soleil, Lune, étoiles) ou des récepteurs (plaque photographique, cellule photoélectrique, œil pour la région des bandes de Chappuis). Pour chacune, on a été amené à résoudre des questions de technique, ou à introduire quelque modification de détail, mais le principe est demeuré le même. Il faut en outre signaler la méthode de MM. Cabannes et Dufay qui consiste à étudier non pas la lumière provenant directement d'un astre, mais celle diffusée par l'atmosphère. Tant que la distance zénithale du Soleil ne dépasse pas 85°, on se trouve ramené au cas précédent.

Une fois connue l'épaisseur réduite de l'ozone de l'atmosphère, un calcul simple permettait de déterminer la concentration de l'air en ozone si on suppose celle-ci uniforme. On trouva une valeur incomparablement plus grande que celle fournie par les dosages chimiques de l'air au voisinage du sol. On fit alors des mesures spectrographiques de l'absorption atmosphérique au voisinage du sol et les résultats furent de l'ordre de grandeur de ceux fournis par la méthode chimique. Il fallut donc admettre que, contrairement aux autres constituants de l'atmosphère, la concentration de l'ozone n'était pas du tout uniforme, et ainsi s'est posé le problème de la distribution de ce gaz en fonction de l'altitude.

Ce problème a été résolu presque simultanément par deux méthodes tout à fait distinctes. La première, qui repose sur l'utilisation des courbes umkehr, est celle de Götz, Meetham et Dobson. L'effet umkehr, découvert par Götz au Spitzberg en 1929, se conçoit aisément si l'on se rend compte que la lumière diffusée venant du zénith dépend de deux facteurs : densité de l'air de la couche diffusante, absorption de la lumière avant et après la diffusion. Ce phénomène se traduit par le fait suivant : lorsque la distance zénithale du Soleil croît, l'intensité de la lumière diffusée au zénith décroît, mais relativement moins pour les courtes longueurs d'onde absorbées par l'ozone que pour les grandes.

La partie expérimentale comprend deux temps : au premier, on détermine l'épaisseur réduite de la couche d'ozone par un procédé que nous avons déjà décrit, et aussi la hauteur de son centre de gravité; au second temps, on construit les courbes umkehr en portant en abscisses la distance zénithale et en ordonnées le logarithme du rapport des intensités de deux radiations différemment absorbées par l'ozone. Pour passer de ces courbes à la distribution verticale de l'ozone, deux méthodes de calcul peuvent être employées indépendamment. L'une d'entre elles consiste à diviser l'atmosphère en couches horizontales telles que la masse d'air dans chacune d'elles soit $1/\sqrt{10}$ de celle immédiatement au-dessous. Dans chaque couche, l'air et l'ozone sont supposés localisés en une couche mince, à une hauteur convenablement déterminée et, par une méthode d'approximation, on calcule les courbes umkehr jusqu'à ce que l'on retombe sur les courbes réellement observées. Les résultats sont représentés sur le graphique de la figure 1 (courbe 1).

Cette méthode devait recevoir une éclatante confirmation expérimentale à la suite des travaux de E. et V. Regener qui ont réalisé un dispositif tout à fait ingénieux. Un spectrographe, suspendu à un ballon-sonde était dirigé vers un écran réfléchissant bien la lumière solaire et situé au-dessous de lui à une distance convenable. La plaque photographique était circulaire et pouvait tourner autour de son centre sous l'action d'un mouvement d'horlogerie. En même temps que le spectre solaire venait l'impressionner, la plaque

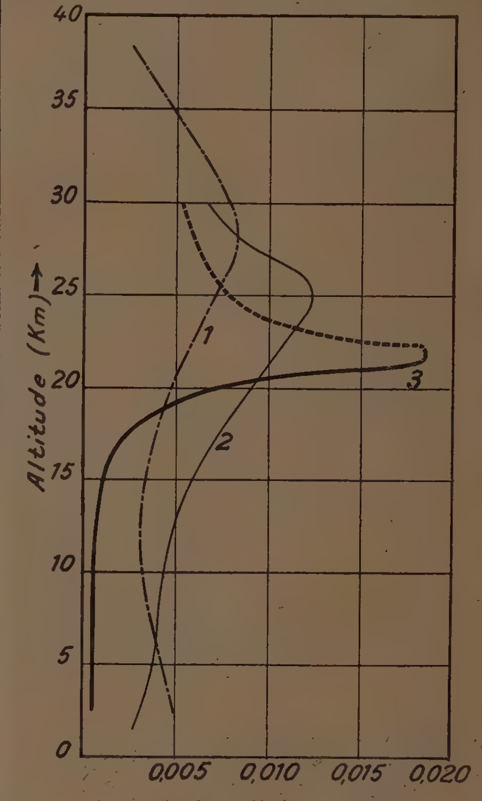


Fig. 1. — Epaisseur d'ozone par km (cm).

enregistrait sur le même diamètre les indications de deux barographes, l'un pour les pressions voisines de la pression normale, l'autre pour les faibles pressions, et aussi celles d'un thermomètre.

Au fur et à mesure que le ballon-sonde monte, la limite du spectre solaire recule vers les courtes longueurs d'onde pour revenir ensuite vers sa position initiale au cours de la descente.

Des mesures photométriques faites sur ces spectres, il a été possible de déduire l'épaisseur d'ozone située au-dessus de l'appareil et comme les indications barométriques permettaient de connaître l'altitude, on a pu ainsi obtenir la répartition verticale de l'ozone. C'est ce que représente la courbe 2 de la figure 1.

Enfin une troisième détermination a été faite encore plus directement, le spectrographe étant emporté cette fois à bord d'un stratostat, l'« Explorer II », qui, le 11 novembre 1935, aux Etats-Unis, a atteint l'altitude de 22 km., mais où des mesures complémentaires sur la lumière diffusée au zénith ont permis d'extrapoler la courbe donnant la répartition verticale (courbe 3 de la figure 1).

La comparaison des trois distributions que nous connaissons montre que les deux premières ne sont pas très différentes, mais la troisième diffère franchement et il faut admettre que la distribution serait influencée par des conditions météorologiques locales différentes aux Etats-Unis et en Europe, ce qui n'a rien de surprenant comme nous le verrons par la suite.

Nous allons voir maintenant comment la détermination de la distribution verticale de l'ozone a permis de faire un pas de plus dans la connaissance des régions les plus élevées de l'atmosphère.

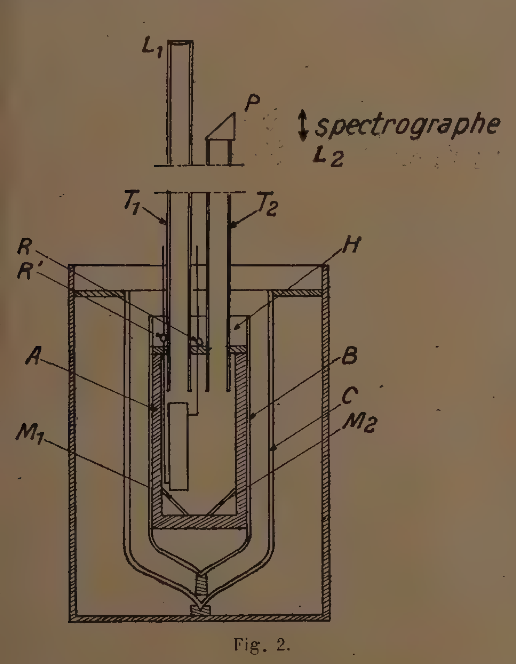


Fig. 2.

Il convenait pour cela d'utiliser une curieuse propriété de l'ozone, qui d'ailleurs ne lui est pas particulière, et dont la théorie des spectres de bandes permet de concevoir l'existence : c'est la modification du spectre d'absorption sous l'influence de la température. Cet effet est sensiblement marqué dans la région des bandes de Huggins qui, comme nous l'avons vu, limitent l'émission ultraviolette des astres, et l'on pouvait penser qu'une comparaison entre l'effet de la température sur les bandes d'absorption de l'ozone au laboratoire et le spectre d'absorption de l'ozone atmosphérique, ne manquerait pas d'être intéressante.

C'est pourquoi j'ai étudié cet effet de température en utilisant le dispositif que représente la figure 2. Il se compose essentiellement d'une ampoule en quartz dans laquelle on peut enfermer une certaine quantité d'ozone. La cuve est traversée par un faisceau parallèle de lumière qui se réfléchit deux fois sur les miroirs à 45°, M_1, M_2, puis sur le prisme à réflexion totale P avant d'être concentrée sur la fente d'un spectrographe. A est un cylindre de cuivre autour duquel se trouve un enroulement chauffant. Il est entouré par deux vases de Dewar concentriques B et C entre lesquels on peut introduire de l'air liquide, et par un réglage convenable du courant de chauffage il est possible d'obtenir toutes les températures comprises entre la température ambiante et la température de l'air liquide. Les tubes T_1, T_2 ont pour but d'éviter la condensation de vapeur d'eau sur le trajet de la lumière.

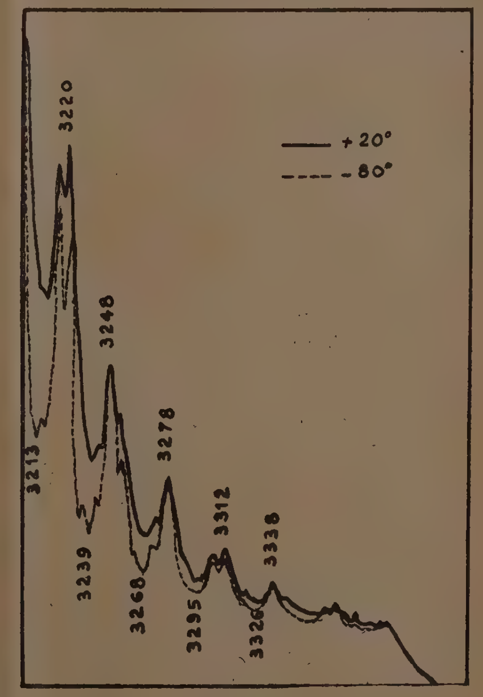


Fig. 3.

Avec ce dispositif, j'ai pu comparer quantitativement les coefficients d'absorption de l'ozone à 20° C et ceux à 0, — 20, — 40, — 60, — 80° C. En réalité ces mesures présentent quelque diffi-

culté à cause de l'instabilité de l'ozone qui se décompose photochimiquement sous l'action de la lumière ultraviolette et spontanément au contact de la paroi de l'ampoule. Il n'est pas possible d'entrer ici dans le détail des procédés utilisés pour étudier et éliminer les perturbations apportées par ces phénomènes et je ne puis que renvoyer au mémoire original le lecteur qui s'y intéresserait particulièrement (3).

La figure 3 permet de se faire une idée des résultats; elle représente les enregistrements microphotométriques des spectres d'absorption d'une même épaisseur d'ozone, pris l'un à la température de $+20°$ C, l'autre à $-80°$ C. On voit d'abord que les points qui représentent les maxima d'absorption ont la même valeur quelle que soit la température. C'est là une précieuse propriété, car l'invariance des coefficients des maxima d'absorption permettra de faire une évaluation correcte de l'épaisseur réduite de l'ozone de l'atmosphère. En second lieu, il apparaît que sous l'action d'un abaissement de température, les minima d'absorption s'abaissent d'une quantité qui va en augmentant avec la longueur d'onde. Sur le tableau suivant qui donne pour les maxima et les minima d'absorption des bandes de Huggins, le rapport 3 des coefficients d'absorption à $+20°$ et à $-80°$ C, les résultats seront plus directement représentés que sur la figure (car dans celle-ci, avant de passer aux densités, il faut prendre les logarithmes des ordonnées).

TABLEAU

Maxima	Minima	$a_\lambda = \frac{K_{-80}}{K_{+20}}$	
3372		1,00	
	3350		0,50
3338		1,00	
	3326		0,49
3312		1,00	
	3295		0,52
3278		1,00	
	3268		0,57
3248		1,00	
	3239		0,58
3220		0,95	
	3213		0,72
3200		1,00	
	3190		0,80
3175		1,00	
	3168		0,87
3155		1,00	
	3151		0,93

Mais ce n'est pas tout : afin que ces données soient utilisables par la suite, il fallait connaître la loi de variation des minima d'absorption en fonction de la température. A l'aide de l'appareil ci-dessus, j'ai trouvé que, entre $+20°$ et $-100°$ C, les minima d'absorption décroissaient suivant une loi linéaire. Cependant avant de passer à l'interprétation des spectres d'absorption de l'ozone atmosphérique, il y avait lieu d'examiner l'influence possible d'autres causes, notamment la pression, sur les bandes de l'ozone. Le principe de l'expérience a été le suivant : deux tubes de même diamètre dont le rapport des longueurs est 1/30, sont traversés par un faisceau lumineux parallèle concentré ensuite sur la fente d'un spectrographe. Dans le tube le plus court, on admet une quantité convenable d'ozone à la pression ordinaire; dans le grand tube on a fait le vide. On prend ainsi un premier spectre; ensuite on détend l'ozone du premier tube dans le deuxième et on prend un nouveau spectre. S'il ne s'est pas produit de décomposition de l'ozone, on peut ainsi comparer facilement les deux spectres : en faisant varier la pression d'atmosphère de 1 à 1/30[e], on n'a constaté aucune déformation appréciable.

Nous allons pouvoir maintenant appliquer ces résultats à l'étude de l'ozone de l'atmosphère.

J'ai indiqué plus haut comment en prenant plusieurs spectres d'un astre à différentes hauteurs au-dessus de l'horizon, on pouvait faire la part de l'absorption due à l'ozone. On obtient ainsi pour les longueurs d'onde comprises entre 3500 et 3000 Å une série de valeurs correspondantes de l'absorption a_λ. Si les coefficients de l'ozone atmosphérique étaient les mêmes que ceux de l'ozone au laboratoire K_λ, en construisant un graphique où l'on porterait K_λ en abscisses et les valeurs correspondantes de a_λ en ordonnées, on obtiendrait une droite passant par l'origine. Or, si on construit un tel graphique (fig. 4), on s'aperçoit

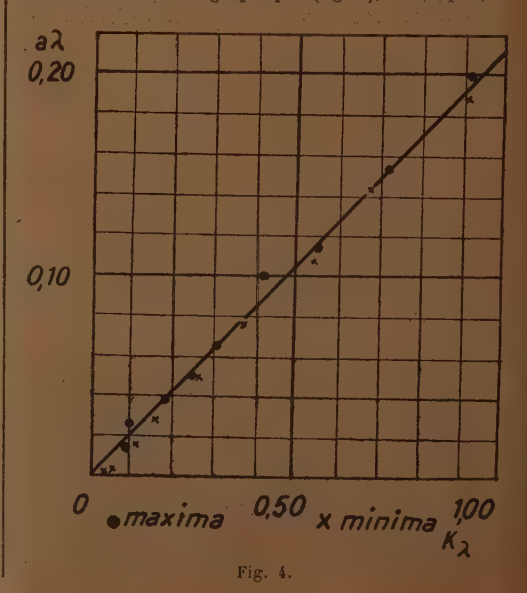


Fig. 4.

que les maxima d'absorption se placent sur la droite tandis que les minima s'en écartent systématiquement.

Le fait que les maxima se placent sur la droite n'a rien de surprenant puisque nous avons vu qu'ils ne sont pas affectés par la température, et la pente de la droite nous donne ainsi l'épaisseur réduite de l'ozone.

Quant aux minima d'absorption, l'écart entre les coefficients d'absorption de l'ozone atmosphérique et de l'ozone au laboratoire signifie simplement que la température de l'ozone de l'atmosphère diffère de celle à laquelle les coefficients d'absorption ont été déterminés au laboratoire. Puisque nous connaissons l'épaisseur réduite et la densité pour les minima d'absorption, on peut calculer les valeurs des coefficients des minima d'absorption relatives à l'ozone de l'atmosphère.

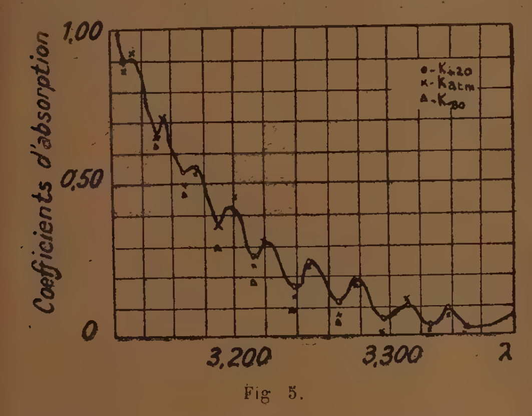


Fig 5.

La figure 5 représente les coefficients d'absorption de l'ozone :

Courbe 1 (o) déterminés au laboratoire à $+20°$;
Points 2 (Δ) déterminés au laboratoire à $-80°$;
Points 3 (×) de l'atmosphère.

Il va donc nous être possible, en opérant sur les minima d'absorption, d'évaluer par une simple interpolation la température moyenne de l'ozone atmosphérique.

Précisons d'abord ce que j'ai désigné par température moyenne. Divisons l'atmosphère en une série de n couches contenant chacune une épaisseur réduite e_n d'ozone et dont la température est T_n. Pour un minimum d'absorption de longueur d'onde λ, le coefficient d'absorption, fonction de la température, sera k_{T_n} et l'absorption due à la totalité de l'ozone de l'atmosphère sera :

$$\Sigma e_n k_{T_n}$$

Nous pouvons écrire :

$$\Sigma e_n k_{T_n} = E k_\theta \qquad (1)$$

où E désigne l'épaisseur totale de l'ozone atmosphérique et k_θ ce que j'ai appelé le coefficient d'absorption moyen.

Puisque entre $+20$ et $-80°$ C, les coefficients des minima d'absorption varient suivant une loi linéaire, c'est-à-dire :

$$k_T = a + bT \qquad (2)$$

on a :

$$\Sigma e k_T = \Sigma[e(a + bT)]$$

et

$$E k_\theta = E(a + b\theta)$$

E étant égal à Σe, on tire en identifiant ces deux relations :

$$\Sigma(eT) = E\theta \qquad (2)$$

θ définissant ainsi la température moyenne de l'ozone atmosphérique.

k_θ étant connu, la relation (2) permet de déterminer θ. Comme il est bon de faire cette opération pour tous les minima d'absorption compris entre 3.400 et 3.100 Å, on a intérêt à employer un procédé graphique. On trouve ainsi $-30°$ C pour température moyenne de l'ozone atmosphérique.

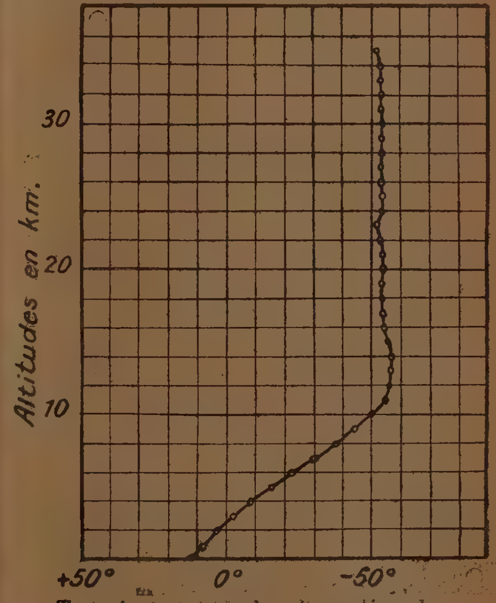


Fig. 6.

Nous allons voir maintenant les conséquences de ce résultat. Jusqu'à une altitude de 30 km., nous connaissons, d'après des déterminations expérimentales effectuées à l'aide de ballons-sonde :

1° La distribution verticale de l'ozone (fig. 1);
2° La distribution de la température (fig. 6).

Revenons à la relation (3). Elle peut s'écrire :

$$\sum_{0}^{304km} eT + \overset{\infty}{\underset{30}{e}} \overset{\infty}{\underset{30}{T}} = E\theta,$$

en séparant la partie de l'atmosphère située au-dessus de 30 km. Nous pouvons calculer le premier terme; nous connaissons aussi E épaisseur totale, θ température moyenne et $\overset{\infty}{\underset{30}{e}}$. Il est facile de tirer de là $\overset{\infty}{\underset{30}{T}}$, température moyenne de l'ozone situé au-dessus de 30 km.

Si les données concernant la température sont, pour une latitude donnée, parfaitement sûres, l'incertitude est un peu plus grande en ce qui concerne la distribution de l'ozone. La figure 1 montrait bien des divergences entre les différentes courbes. Mais il se produit en quelque sorte une compensation, et si l'on choisit l'une ou l'autre des données relatives à l'ozone le résultat ne change guère que de ± 5°. On trouve, pour température moyenne de l'ozone situé au-dessus de 30 km., + 15° C.

C'est là un fait très intéressant, car si l'on tient compte de la répartition de l'ozone au-dessus de 30 km. et du fait qu'à cette altitude la température est encore de — 55° C, il faut supposer un relèvement de température suffisamment rapide et important pour que la moyenne soit amenée à + 15°. Nous pouvons approximativement le situer entre 40 et 60 km.

Ce relèvement de température avait d'ailleurs été prévu par d'autres méthodes, en particulier par des considérations sur la disparition de la lumière des météores, et sur la propagation anormale du son. On se rappelle en effet les expériences de La Courtine où l'on constatait autour de l'explosion d'abord une zone d'audibilité, ensuite une zone de silence, puis plus loin une nouvelle zone d'audibilité, comme s'il y avait, en quelque sorte, réflexion des ondes sonores sur les couches élevées de l'atmosphère; et pour expliquer ce phénomène, il fallait bien admettre un accroissement notable de température à ces altitudes. L'étude de la brillance du ciel crépusculaire devait aussi apporter une confirmation de cette manière de voir.

Mais l'effet de la température sur les bandes de l'ozone atmosphérique apparaît comme un moyen à la fois plus précis et plus commode que les méthodes ci-dessus. Ces premiers résultats constituent déjà un point important et des recherches actuellement en cours permettront, j'espère, de préciser la loi de variation de la température en fonction de l'altitude.

Ce relèvement de température entre 40 et 60 km. a préoccupé les théoriciens qui se sont livrés à de nombreux calculs pour l'expliquer. Ils ont montré qu'il résulte, comme on devait s'y attendre, de l'absorption du rayonnement ultraviolet solaire précisément par l'ozone dont nous avons vu l'énorme absorption dans la région 2500 Å, et un peu aussi par la vapeur d'eau.

Nous touchons alors par là au problème de l'existence de l'ozone; s'il est entendu qu'il y a destruction de ce gaz par voie photochimique, diverses théories ont été présentées pour rendre compte de sa formation : action sur les molécules d'oxygène soit des électrons auroraux, soit de la lumière solaire de courte longueur d'onde (1800 Å) particulièrement active au point de vue photochimique.

J'ai serré le problème d'un peu plus près en introduisant le facteur température. J'ai dû pour cela reprendre l'étude de la décomposition spontanée de l'ozone en fonction de la température. A cause de la discordance des résultats fournis par les méthodes chimiques, j'ai employé une méthode spectrographique. Mais, au laboratoire, on est obligé d'enfermer le gaz dans un récipient, lequel perturbe fortement le phénomène. Cependant j'ai pu, après des mesures correctes, montrer que le relèvement de température situé entre 40 et 60 km. constitue une barrière qui s'oppose à l'échange d'ozone entre les couches plus élevées et les couches inférieures. Si l'on se reporte à la courbe (fig. 1) donnant la distribution verticale de l'ozone, il faut donc conclure que l'ozone est créé là où il se trouve, ce qui exclut l'hypothèse de la création de la majeure partie de ce gaz par les électrons auroraux. Des mesures photochimiques, actuellement en préparation, permettront, j'espère, d'éclairer complètement la question.

Les données obtenues au laboratoire sur la vitesse de décomposition de l'ozone en fonction de la température sont intéressantes pour tirer quelques renseignements sur la très haute atmosphère (altitude de 100 à 400 km.). On a pu déduire la température de ces couches de certaines mesures ionosphériques. Celle-ci, de 300° K à l'altitude de 100 km. atteindrait 1.200° K pour 300 km. Le fait que l'ozone ne peut exister en quantité appréciable à de telles températures permet de faire un choix parmi les hypothèses mises en avant pour expliquer le mécanisme de l'émission lumineuse soit de la lumière aurorale, soit de celle du ciel nocturne, soit de certains phénomènes de photoluminescence. On voit par là combien des domaines qui mettent en œuvre des techniques aussi diverses peuvent s'apporter des éclaircissements mutuels, et que l'étude de la

haute atmosphère, en apparence si difficile, pourra être menée à bien en utilisant les méthodes et les techniques actuellement à la disposition du physicien moderne. Je me suis rendu compte que quelques courtes observations de physique atmosphérique posaient des problèmes qui nécessitaient pour les résoudre de longs et patients travaux



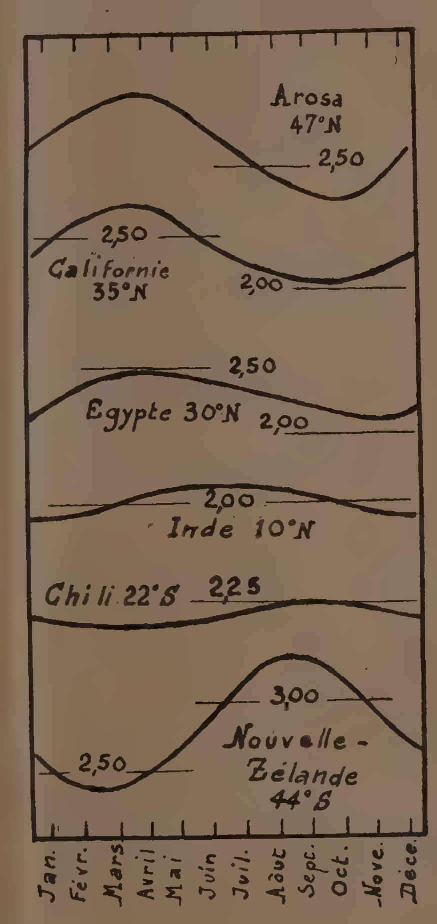


Fig. 7.

de laboratoire. Je suis persuadé que les recherches les plus fructueuses seront obtenues non seulement par des observations géophysiques, mais encore en soumettant autant que possible les phénomènes observés à l'expérience.

Nous allons maintenant arriver à un deuxième stade de la question de l'ozone atmosphérique, où nous quitterons le domaine de la recherche pure et désintéressée pour être conduits dans celui de la pratique. Nous allons voir comment les différents travaux qui se sont succédés pourront maintenant être utilisés par la météorologie, science dont le côté pratique est principalement d'assurer la sécurité des transports aériens et qui peut trouver là un moyen commode de déceler la circulation atmosphérique.

Les travaux de Fabry et Buisson avaient montré que l'épaisseur réduite de l'ozone de l'atmosphère était de l'ordre de 2,5 mm. et que cette épaisseur pouvait varier d'un jour à l'autre. Ce curieux phénomène devait par la suite être étudié systématiquement par Dobson, qui, ayant réalisé un type de spectrographe rustique, en avait répandu des exemplaires un peu partout à la surface du globe. Le tableau de la figure 7 résume le résultat de mesures faites ainsi d'une façon continue, puis centralisées et standardisées par Dobson.

L'épaisseur réduite n'est pas la même sur toute la surface du globe : elle augmente d'une façon continue de l'équateur au pôle. D'autre part, en un point donné du globe, on constate une variation saisonnière, l'épaisseur est maximum au printemps, minimum en automne et le phénomène est inversé pour l'hémisphère Sud. Cette variation est

d'autant plus accentuée que l'on se rapproche des pôles.

Les valeurs qui se trouvent dans la figure sont des moyennes mensuelles, mais la courbe reliant les points donnés par l'observation journalière présente une allure assez irrégulière.

Après un hivernage en Laponie suédoise où, avec MM. Barbier et Chalonge nous avions fait une série de mesures de l'épaisseur réduite, nous avons confronté les valeurs trouvées avec les cartes météorologiques qui permettent de se faire une idée des grands déplacements d'air. Ceci n'est pas toujours chose facile car les cartes sont établies d'après des observations au niveau du sol, et la surface de séparation d'une masse d'air froid et d'une masse d'air chaud (front) forme un angle très petit avec le plan horizontal, l'air froid se trouvant en dessous. Si un point donné se trouve d'après la carte dans une nappe d'air chaud, il est très probable que le centre de gravité de l'ozone atmosphérique se trouve dans cette masse d'air. Mais si inversement le point se trouve dans l'air froid, pour que le centre de gravité de l'ozone y soit aussi, il faut se trouver au milieu d'une vaste nappe d'air froid, loin du front polaire.

Eu égard à ceci, nous avons trouvé que les fortes épaisseurs d'ozone correspondaient à de l'air d'origine arctique et les faibles épaisseurs à de l'air chaud subpolaire, les épaisseurs intermédiaires correspondant à de l'air froid subpolaire, c'est-à-dire à de l'air arctique dégénéré après de longs déplacements. En Chine, Lejay, qui disposait à cause des moussons de variations régulières, était arrivé à de semblables déductions.

Mais en reprenant à la lumière des expériences de laboratoire précédemment décrites l'étude des spectres obtenus en Laponie, nous avons pu mettre en évidence un fait nouveau. Lorsqu'on a affaire à de l'air arctique caractérisé par une forte épaisseur d'ozone, la température moyenne de l'ozone est notablement plus élevée que lorsqu'on a affaire à de l'air chaud subpolaire, moins riche en ozone.

C'est bien en effet ce que l'on devait attendre d'après nos connaissances sur la température de la stratosphère, plus élevée au pôle qu'à l'équateur. Des mesures d'ozone qui donneraient à la fois l'épaisseur totale et l'effet de température permettraient donc de se faire une idée de l'origine et de la température de l'air stratosphérique. Ce serait un procédé de sondage infiniment plus rapide et plus commode que le ballon-sonde, et on conçoit aisément tout le parti que la météorologie pourrait en tirer. Avant d'entrer dans la pratique, de nombreux travaux sont encore nécessaires, des problèmes de technique sont à résoudre. Cependant, bien qu'elles ne portent pas sur de très longues séries de mesures, les constatations que nous avons pu faire sont très encourageantes et constituent un précieux stimulant pour conduire à bien les recherches entreprises.

Etienne Vassy,
Docteur ès sciences, Chargé de Recherches.
Assistant à la Sorbonne.

1. E. Vassy : L'ozone atmosphérique, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, janvier 1936.
2. E. Vassy : *La Nature*, 15 Septembre 1936.
3. E. Vassy : Sur quelques propriétés de l'ozone et leurs conséquences géophysiques, *Annales de Physique*, 8, 1937, p. 679.
4. E. Vassy : L'ozone et la température de l'atmosphère, *La Météorologie*, 1937, p. 275.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Dollon (J.). — **Problèmes d'Agrégation** (Mathématiques spéciales). — 1 *vol. de* 210 *p. Paris, Vuibert Edit.* 1937.

Le recueil de solutions des problèmes de mathématiques spéciales posés à l'agrégation masculine de 1919 à 1936 que nous présente M. Dollon, nous permet de jeter un coup d'œil d'ensemble sur les énoncés de ces problèmes dont on peut dire que chacun constitue un problème type et dont il est intéressant au plus haut point pour tous les professeurs et tous les étudiants s'occupant des développements modernes de la géométrie d'examiner les solutions à la lumière d'une même doctrine.

Certes, dans les solutions que nous donne M. Dollon, l'appareil analytique domine, mais celui-ci ne sert qu'à faire ressortir des propriétés de configurations géométriques qu'un raisonnement de nature purement géométrique ne pourrait que fort difficilement mettre en évidence. Ces problèmes trouvent d'ailleurs le plus souvent leur origine dans des études dispersées d'analyse ou de géométrie supérieure et essaient de déterminer, en groupant les éléments à utiliser ainsi qu'en amorçant la direction de l'effort, de la part des candidats, un travail de

synthèse qui en lui-même est susceptible d'orienter des recherches intéressantes. C'est pourquoi les notes de M. Dollon, relatives soit à des solutions différentes de ces problèmes, publiées par diverses revues, soit à des articles ou publications dans lesquels le lecteur trouvera des éclaircissements ou des généralisations sur des points de géométrie ou d'analyse remarquables, donnent un caractère particulier à son livre et en font plus un traité sur des questions de mathématiques spéciales intéressantes posées à l'occasion des problèmes d'agrégation qu'un simple recueil de solutions.

G. P.

2° Sciences physiques

Barkhausen (Dr H.). — **Les tubes à vide et leurs applications.** — *Traduit de l'allemand par* E. Labin. *Tome II.* **Les amplificateurs.** — *In-8° de* 301 *pages avec* 127 *figures. Dunod, Paris* 1937. (*Prix : 85 francs.*)

Après avoir, dans le tome premier de l'ouvrage, envisagé les principes généraux des tubes à vide, l'auteur étudie dans le volume actuel les divers aspects des problèmes que soulève l'emploi de ces tubes comme amplificateurs. Ces problèmes sont complexes et variés. Les tubes à vide ont tout d'abord été utilisés pour l'amplification de courants alternatifs tellement faibles que le téléphone, ou tout autre indicateur ne peut même plus les révéler; ces « pré-amplificateurs » doivent réaliser un degré d'amplification aussi grand que possible, c'est-à-dire produire, avec la plus petite puissance disponible à l'entrée, la plus grande puissance amplifiée possible à la sortie. Après la solution complète de ce problème, les besoins sans cesse accrus de la technique en ont posé un second, celui de l' « amplificateur de puissance » destiné à amplifier à nouveau une puissance déjà amplifiée et cela sans produire aucune distorsion du courant. Il existe enfin un troisième problème, celui des « amplificateurs d'émission », dans lequel la question du rendement devient prépondérante.

Dans la première partie de l'ouvrage, consacrée à la théorie des tubes amplificateurs, les trois problèmes ont été nettement distingués les uns des autres; il en résulte une clarté beaucoup plus grande dans l'exposition, et la suppression des obscurités qui, dans beaucoup d'autres traités techniques, résultent de confusions entre ces divers problèmes.

La seconde partie est consacrée à la théorie des multiples montages dans lesquels interviennent des tubes électroniques fonctionnant comme amplificateurs, et la dernière partie, à l'étude des courants de grille. On sait que sous une tension-grille négative peuvent se former trois sortes de courants de grille : le courant de grille positif, le courant de grille négatif, le courant rampant; le rôle et l'importance de ces divers courants suivant les divers modes de fonctionnement ont été examinés avec beaucoup de clarté.

On trouvera dans le livre, non seulement l'analyse précise des diverses conditions qui président au fonctionnement des tubes électroniques comme amplificateurs, mais encore l'étude complète d'un certain nombre de cas : amplificateur acoustique à trois étages, ampliifcateur deux fils pour câbles de télécommunication, amplificateur de courant continu, émetteur de radiodiffusion, fonctionnement d'un tube comme électromètre, etc. Aussi l'ouvrage sera-t-il apprécié à la fois des physiciens qui s'intéressent spécialement au problème théorique relatif aux tubes électroniques, et des multiples techniciens qui utilisent ces tubes pour tant d'usages divers.

A. .B

⁂

Brasseur (Henri). — **Les applications non médicales des rayons X.** — 1 *vol. in-16.* (Bibliothèque Scientifique Belge, *Section technique*) *de* 160 *pages, avec* 15 *figures. — Dunod, Paris,* 1938.

Après quelques généralités sur la production et les propriétés des rayons X, l'auteur passe en revue leurs applications non médicales dans l'ordre suivant : méthode par émission, par absorption, par diffraction; ce sont les méthodes par diffraction qui jusqu'ici se sont montrées les plus fécondes; l'auteur en rappelle très clairement le principe, puis étudie successivement la diffraction dans les gaz, dans les liquides, dans les solides en passant en revue à propos de ces dernières substances un certain nombre de résultats d'un grand intérêt relatifs à la méthode de Laue, à la méthode des poudres de Debye-Scherrer et Hull, à la méthode des diagrammes de fibres et à la méthode du cristal tournant. Il envisage en terminant quelques applications de la diffraction des rayons X à la cristallographie et à l'étude des verres.

Les nombreux résultats rassemblés et mis en ordre par l'auteur rendront de grands services aux physiciens, aux chimistes et à de nombreux techniciens, en leur faisant connaître tout ce qu'il leur est permis d'espérer de l'emploi judicieux des rayons X.

A. B.

⁂

Candler (A. C.). — **Atomic Spectra and the Vector Model** (Les spectres atomiques et le modèle vectoriel). T. I, Spectres de séries ; T. II, Spectres complexes. — *Cambridge University Press. Prix, relié,* 15 *sh. par volume.*

Ce nouveau traité de spectroscopie théorique en deux volumes sera le bien venu auprès des lecteurs désireux de s'initier aux résultats aujourd'hui si complets de la spectroscopie atomique sans avoir à se perdre dans les démonstrations abstraites ni dans les calculs tirés de la Mécanique ondulatoire. L'auteur s'en tient systématiquement au langage géométrique de l'ancienne théorie des quanta, c'est-à-dire à la figuration vectorielle de Landé et de Hund dont nous savons aujourd'hui qu'elle est pratiquement équivalente aux conceptions de la Mécanique on-

dulatoire, mais qui est infiniment plus intuitive et seule maniable pour les recherches usuelles. Aussi les lois et les résultats généraux ne sont-ils pas accompagnés de démonstrations proprement dites, mais simplement illustrés par des exemples de complexité croissante, ce qui est à la fois conforme à l'ordre historique et favorable à une assimilation rationnelle. Le lecteur déjà sommairement averti des choses de la spectroscopie se retrouvera avec une parfaite aisance dans l'exposé de M. Candler, et celui qui y cherche un premier contact avec une science nouvelle sera heureux de se mouvoir sur un terrain débarrassé de toutes broussailles, où l'essentiel est seul retenu et où les affirmations sont toujours éclaircies par des exemples. Un très grand nombre de tableaux numériques, de schémas et de figures, empruntés en partie aux ouvrages classiques de Hund, de Grotrian, de Sommerfeld, etc., facilitent considérablement la lecture et l'interprétation du texte. Les idées de Bohr et de Pauli sur la constitution du système périodique des éléments sont constamment prises comme guides et permettent à l'auteur de développer avec clarté la théorie des spectres complexes, y compris les terres rares, la théorie des couplages normaux et anormaux, les structures hyperfines et l'isotopie, ainsi que les règles d'intensité. Des chapitres particulièrement modernes sont consacrés aux questions de radiation quadrupolaire et à la fluorescence. Dans l'ensemble, cet exposé est remarquable par sa clarté, sa documentation complète, sa simplicité relative dans la discussion des problèmes les plus complexes, et nous sommes convaincu qu'il apportera une aide précieuse à tous ceux qui sont tentés par les difficiles études sur la constitution atomique.

Léon Bloch.

***

Godeaux (Lucien). — **Les géométries**, 1 *vol de 215 p. Collection Armand Colin, n° 206, Paris, 1937. A. Colin, édit. (Prix : 15 fr.).*

Ce petit livre qui retrace à grands traits l'histoire de l'évolution de la géométrie, nous présente sous une forme particulièrement claire, un ensemble, susceptible de permettre à des personnes ayant une bonne culture secondaire et ayant abordé les mathématiques spéciales, de se rendre compte de l'étendue et de la complexité du domaine des mathématiques qui constitue la géométrie moderne.

Suivant l'évolution historique, M. Godeaux dans un premier chapitre nous expose la naissance de la géométrie grecque, géométrie pythagoricienne, géométrie d'Euclide, traité des sections coniques d'Apollonius, qui nous a conduit à la géométrie élémentaire moderne.

Après la période grecque, il faut attendre le XVIIe siècle pour voir apparaître de nouvelles méthodes en géométrie. C'est en premier lieu la méthode des coordonnées de Descartes et de Fermat qui a donné naissance à la géométrie analytique. Celle-ci fait l'objet du second chapitre. En second lieu nous rencontrons la méthode des projections qui apparaît avec les travaux de Desargues et Pascal en même temps que la géométrie analytique mais ne s'érige en doctrine autonome sous le nom de géométrie projective qu'après les travaux de Monge et de Carnot au XVIIIe siècle par Poncelet. Son développement historique et son extension moderne nous est exposé dans le troisième chapitre.

Dans le quatrième chapitre, nous rencontrons l'historique des études entreprises sur les principes de la géométrie qui nous ont conduit aux géométries de Lobatchefsky et de Riemann tandis que dans le cinquième chapitre M. Godeaux expose l'introduction en géométrie de la notion de groupe due à E. Galois, qui a permis à S. Lie et à F. Klein d'établir leur classification rationnelle des géométries.

Enfin le sixième chapitre est consacré à la topologie considérée comme la géométrie ayant pour groupe fondamental le groupe des homéomorphies et contient un aperçu sur la géométrie infinitésimale directe de M. Bouligand et la géométrie finie.

G. P.

***

Granier (J.), *professeur à la Faculté des Sciences de Besançon.* — **Eléments d'électrotechnique.** — *1 vol. in-8° de 130 pages avec 77 figures. Dunod, Paris, 1937.*

La plupart des traités d'électrotechnique dont on dispose à l'heure actuelle sont, ou bien d'un caractère surtout descriptif et expérimental, à peu près exempts de théories mathématiques et destinés surtout à des contremaîtres ou à des ouvriers, ou bien d'un caractère mathématique très élevé et s'adressant à des ingénieurs spécialisés. Il y avait place pour un ouvrage constituant une sorte d'introduction aux théories de l'électrotechnique, qui permettrait aux Etudiants des Facultés des Sciences de prendre une idée simple, mais cependant précise, des problèmes industriels, et qui faciliterait aux élèves des Ecoles techniques l'étude ultérieure de traités plus complets.

L'excellent ouvrage de M. Granier, à qui l'on doit déjà de nombreux traités techniques fort appréciés, répond à ce besoin. Les théories des appareils ont été simplifiées, autant que cela a été possible, en négligeant les phénomènes n'intervenant que d'une manière secondaire. Aussi, en un nombre relativement restreint de pages, l'auteur est-il parvenu à aborder l'étude des problèmes les plus importants de l'électrotechnique. Après avoir rappelé les principales propriétés du circuit électrique en courant continu et en courant alternatif, celles du circuit magnétique, il étudie successivement les génératrices et les moteurs à courant continu, les bobines à noyau de fer et les transformateurs, les machines synchrones, les moteurs asynchrones et les moteurs monophasés à collecteur.

La haute valeur scientifique de l'ouvrage ainsi que la clarté et la précision de l'exposition permettent d'espérer qu'il trouvera auprès du public auquel il est destiné l'accueil particulièrement empressé qu'il mérite pleinement.

A. Boutaric.

Humbert (Pierre), *prof. de math. et d'astronomie à la Faculté de Montpellier* — **De Mercure à Pluton, planètes et satellites.** — *1 vol. de la Collection* « Sciences d'aujourd'hui », *in-16, sur vélin, avec 16 illustrations. Albin Michel, édit., Paris.*

C'est non seulement à un voyage aux planètes, dans l'espace, que nous cause l'auteur, mais à un voyage dans le temps, en ce sens qu'il nous fait assister aux progrès réalisés par les astronomes depuis l'invention des lunettes, dans la connaissance des mondes qui constituent notre système solaire. Cet exposé très documenté, même au point de vue historique, se lit avec plaisir et intéressera moins les professeurs de Sciences d'Uranie; ouvrage en somme de très haute et très bonne vulgarisation.

Th. MOREUX.

***

Lambert (R.). — **Structure générale des nomogrammes et des systèmes nomographiques.** — *Préface de M. D'OCAGNE. — 1 vol. in-8° de 64 pages, avec 16 fig.; n° 493 des* « Actualités scientifiques et industrielles ». *Hermann et Cie, Paris,* 1937. (*Prix broché : 15 fr.*).

Après avoir repris, sous un jour un peu différent, l'étude de la structure générale des nomogrammes due à M. d'Ocagne, l'auteur étudie ce qu'il appelle *les systèmes nomographiques*, constitués par un ensemble de p nomogrammes à un nombre quelconque n de variables ($n>p$) dont p sont prises pour inconnues, les $n-p$ autres étant données. Il parvient à réduire et à faciliter systématiquement les tâtonnements qu'exige nécessairement la résolution de tels systèmes.

Tous ceux qui apprécient le calcul graphique à sa juste valeur étudieront avec intérêt ce petit ouvrage théorique d'une haute tenue scientifique.

Ph. TONOAS.

3° Sciences naturelles.

Ringoet (A.). — **Notes sur la préparation du café.** (Publications de l'Institut national pour l'étude agronomique du Congo belge.) *Série technique n° 1, 1935. 52 pages.*

Après « dépulpage », il reste encore, sur la fève de café, des matières mucilagineuses hygroscopiques, qu'une « fermentation » biochimique, poursuivie pendant 24 à 36 heures, rend facilement éliminables par lavage. Les « dépulpeurs » modernes dépulpent et lavent le café sans qu'il soit besoin de recourir à une fermentation.

J. D.

***

Rojas (Ulises). — *Directeur du Jardin botanique de Guatémala.* — **Elementos de Botanica general,** *3 vol. gr. in-8° de 1661 pages avec 1542 fig. dont un grand nombre en couleurs. Guatemala, Tipografia nacional,* 1925-1936.

Cet ouvrage a été écrit en réponse à une demande du Secrétariat de l'Instruction publique au Guatemala, désireux de doter les établissements d'enseignement secondaire et supérieur d'un traité de Botanique au courant des derniers progrès de la science et en rapport avec les besoins du pays. Nul n'était plus qualifié pour l'écrire que le savant directeur du Jardin Botanique de Guatémala, depuis longtemps familier avec toutes les richesses de la flore tropicale. Douze années ont été nécessaires pour la publication de l'ouvrage complet, dont les éléments avaient déjà été réunis antérieurement au cours d'une longue activité professorale. C'est donc un véritable monument que M. U. Rojas a élevé à sa science préférée.

Le tome I est consacré à la Botanique générale, divisée en Elémentologie (description des cellules et de leurs éléments et des tissus), Anatomie et organographie, Physiologie et Méthodologie, avec les principes des principales classifications botaniques. Il se distingue des ouvrages analogues par le soin que l'auteur a pris d'illustrer ses descriptions par des exemples empruntés le plus possible aux plantes du pays.

Les tomes II et III, qui forment ensemble les 4/5 de l'ouvrage, sont consacrés en grande partie à la description des diverses familles de végétaux. Là encore une place prépondérante est faite aux représentants de ces familles qui sont indigènes ou cultivés dans l'Amérique centrale. Les descriptions sont relevées d'une abondance inusitée d'illustrations : dessins, reproductions photographiques, planches en couleurs fort bien venues. L'auteur consacre un long chapitre aux plantes médicinales et industrielles, à leurs emplois ou applications.

L'ouvrage se termine d'abord par un grand tableau synoptique des familles végétales décrites dans l'ouvrage, où le nom latin de chaque espèce est suivi de son nom vulgaire, puis par un essai de glossologie végétale, c'est-à-dire de description des termes botaniques.

Cet ensemble fait grand honneur au Professeur M. Rojas, qui a doté son pays et la littérature scientifique d'un travail unique à plusieurs égards.

L. BRUNET.

***

Staner (Dr P.). — **Plantes congolaises à fruits comestibles.** (Publications de l'Institut national pour l'étude du Congo belge.) *Série scientifique n° 4. 56 pages, 9 fig.*

Espérant exploiter au Congo des fruits indigènes : Mangoustan (Garcinia Kola), mammy (Mammea africana), l'auteur fait l'inventaire des essences spontanées du Congo, en insistant sur celles qui appartiennent à des groupes dont les espèces non africaines sont exploitées; par exemple, parmi les Sapotacées, par comparaison avec l'*Achras sapota* dont les fruits (sapotilles) sont justement appréciés en Amérique du Sud, il signale le *Chrysophyllum africanum.*

Le directeur de Station expérimentale s'occupant spécialement de la culture des arbres fruitiers au Congo est persuadé qu'au bout de quelques années de recherches, il parviendra à produire au Congo de nombreux « nouveaux » fruits aussi bons que certains fruits exotiques tels que le mangoustan du Congo (Garcnia kola) et le mammy d'Afrique (Mammea africana). J. D.

4° Art de l'Ingénieur.

Association Technique, Maritime et Aéronautique, Bulletin n° 40. Session de 1936. — 1 *vol. in-8° de* 750 *pages, nombreux tableaux, graphiques et figures. Firmin-Didot, Paris,* 1936. (*Prix, relié :* 250 *fr.*).

L'Association Technique Maritime et Aéronautique a tenu, au mois de juin dernier, sa quarantième session sous la présidence de M. l'Ingénieur général Rousseau. En raison du nombre et de la diversité des mémoires présentés à cette occasion, nous devons nous borner à une simple énumération, nous réservant de revenir ailleurs sur telle ou telle communication d'un particulier intérêt

— L'emploi du calcul dans la construction des grands paquebots, par M. Pinczon.

— Sur quelques problèmes techniques soulevés par les tendances nouvelles en photographie aérienne, par M. Cordonnier.

— Les installations électriques automatiques à bord des navires par M. Pommellet.

— L'organisation fonctionnelle et ses applications à la Marine, par M. Lamouche.

— Insuffisance de la série de Fourier pour la recherche d'un phénomène complexe présumé périodique, par M. Legrand.

— Remarques sur les formules de quadrature, par M. Le Besnerais.

— Les pertes de charge par frottement dans les tuyautages, par M. Macherey.

— Sur la constitution et l'efficacité des peintures sous-marines pour couches de surface dites antifouling, par M. Rabaté.

— Essai d'une théorie complète du condenseur à surface, par M. Cabanes.

— Réflexions sur la possibilité d'étudier la fatigue à la dilatation d'un tuyautage de vapeur sur modèle réduit, par M. Flaissier.

— Sur quelques récents perfectionnements aux appareils de mesure des déformations locales, par M. de Leiris.

— Détermination des points de tension dans les arbres de révolution soumis à torsion au moyen d'un modèle électrique, par M. Salet.

— Contribution à l'étude des tensions dans les tubes non lisses, par M. de Leiris.

— Mesure du modèle de flexion par l'élasticimètre pendulaire; sa variation avec la température, par MM. Le Rolland, Sorin et Mlle Chailloux.

— Le contrôle de qualité dans les soudures à haute résistance, par M. Paris.

— Le navire porte-avion à plate-forme d'atterrissage, par M. Barjot.

— Les dispositifs hypersustentateurs sur les hydravions catapultables, par M. Garry.

— Problèmes de navigation astronomique particuliers à la navigation aérienne, par M. Daviot.

— Contribution à la détermination de l'angle de plafond, par M. Bilbault.

— Recherches expérimentales sur les ailes monoplanes; tourbillons marginaux des ailes; forme, intensité, influence de la forme des bouts, par M. Valensi.

— Les essais de corrosion intéressant la construction aéronautique; conceptions initiales et tendances actuelles, par M. Lecœuvre.

— Analyse harmonique du couple dû aux forces d'inertie dans les moteurs d'aviation à embiellage articulé; par M. Lehr.

— Note sur l'injection de combustible dans les moteurs d'aviation à allumage commandé, par M. Salez.

— La stabilisation propulsive des navires, par M. Le Besnerais.

— Contribution aux études de lancement; analyse du cas particulier du lancement du pétrolier Shéhérazade, par M. Abbat.

— Cas d'amortissement anormal des oscillations de torsion, par M. Bara.

— Réflexions sur la cavitation des hélices, par M. Abbat. Ph. Tongas.

⁂

Tenot (A.). — **Leçons de Mécanique. — Physique des Fluides**. *Préface de* M. Toussaint. — 1 *vol.* (13 × 21) de VIII–207 *pages avec* 81 *fig. Dunod, Paris,* 1938.

L'auteur, professeur à l'Ecole Nationale d'Arts et Métiers de Châlons-sur-Marne, s'est attaché à développer l'enseignement de la mécanique des fluides dans cet établissement qui a été doté, sur son initiative, d'une installation d'essais très complète. Les leçons contenues dans cet ouvrage et destinées aux élèves de l'Enseignement Technique du second degré, possèdent donc le précieux avantage d'avoir été *vécues*; nous noterons, comme caractéristiques à cet égard, les indications détaillées fournies sur le mode de construction et le prix de revient d'une petite soufflerie portative que tout établissement d'enseignement pourrait aisément réaliser par ses propres moyens.

L'ouvrage est divisé en deux parties :

I. Mécanique-physique des fluides incompressibles ou considérés comme tels.

II. Bases théoriques fondamentales pour l'étude de l'écoulement des fluides compressibles.

Il paraît devoir contribuer efficacement à répandre parmi ceux auxquels il s'adresse, les notions théoriques et expérimentales essentielles de la mécanique des fluides. Ph. Tongas.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Ed., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 10-38.